

**LASERKEILAUKSELLA TUOTETUN
MIKROKUVIOINNIN KEHITTÄMINEN KITU-
JA JOUTOMAN KOHTEILLA SEKÄ
TAIMIKOISSA
– PAIKKATIETOANALYYSI
METSÄHALLITUKSEN KITILÄN
LASERKEILAUSHANKKEESTA**



**Rovaniemen
ammattikorkeakoulu**
University of Applied Sciences
LUC

Metsätalouden koulutusohjelma



ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**LASERKEILAUKSELLA TUOTETUN MIKROKUVIOINNIN
KEHITTÄMINEN KITU- JA JOUTOMAA KOhteilla
SEKÄ TAIMIKOISSA
– PAIKKATietoanalyysi Metsähallituksen
KITILÄN LASERKEILAUSHANKKEESTA**

Henri Turtinen

2013

Toimeksiantaja Metsähallitus

Ohjaaja Ismo Sarajärvi

Hyväksytty _____ 2013 _____

Työ on kirjastossa lukusallikappale.

Tekijä	Henri Turtinen	Vuosi	2013
Toimeksiantaja Työn nimi	Metsähallitus Laserkeilauksella tuotetun mikrokuvioinnin kehittäminen kitu- ja joutomaan kohteilla sekä taimikoissa – paikkatietoanalyysi Metsähallituksen Kittilän laserkeilaushankkeesta		
Sivu- ja liitemäärä	33 + 6		

Tässä työssä käsiteltiin Metsähallituksen Kittilän laserkeilaushankkeesta tuotettuja paikkatietoaineistoja paikkatietoanalyysin keinoin. Tavoitteena oli tuottaa paremmin operatiivista metsien käyttöä palveleva mikrokuviointi tutkimukseen rajatulta alueelta. Alkuperäinen Kittilän laserkeilaushankkeesta tuotettu mikrokuviointi ei vastaa kaikilta osin asetettuja tavoitteita. Erityisesti kitu- ja joutomaan kohteilla sekä taimikoissa mikrokuviointi on liian pikkutarkkaa.

Työ toteutettiin käyttäen ArcGIS-paikkatieto-ohjelmiston vektori- ja rasterianalyysijä. Alkuperäinen mikrokuvioverkko rasteroitiin maastomalleista lasketun laserpituuden perusteella aluerasteriksi. Visuaalisen ilmakuvatulkinnan avulla tutkimusalueelta haettiin laserpituuden kynnsarvot kitu- ja joutomaille sekä taimikoille. Aluerasteri uudelleenluokiteltiin haettujen kynnsarvojen perusteella ja vektoroitiin uudeksi mikrokuvioverkoksi.

Uutta mikrokuviointia tarkasteltiin ilmakuvaa vasten ja tutkittiin kuvioinnin onnistumista kitu- ja joutomailla sekä taimikoissa. Visuaalisen ilmakuvatulkinnan perusteella joutomailla ja puustoisten kohteiden sisällä sijaitsevissa taimikoissa uutta mikrokuviointia voitiin pitää onnistuneena. Ylispuustoisissa taimikoissa sekä kitumaan kohteilla mikrokuvioiden yhdistymistä oli tapahtunut osin liikaa ja osin liian vähän. Erityisen ongelmalliseksi muodostuivat joutomaahan rajautuvat taimikkokohteet.

Käytetty menetelmä ei tuottanut kaikilta osin onnistunutta mikrokuviointia tarkasteltavilla kohteilla, mutta osoittautui silti verrattain toimivaksi menetelmäksi mikrokuvioinnin yleistämisessä. Lisäämällä mukaan useampia lasermuutuja voitaisiin ainakin osa ongelmakohtista ratkaista.

Avainsanat: ArcGIS, kehittäminen, laserkeilaus, mikrokuviointi, paikkatieto, paikkatietojärjestelmä

Author	Henri Turtinen	Year	2013
Commissioned by	Metsähallitus		
Subject of thesis	Development of forest stands produced by LiDAR segmentation on low laserheights – GIS analysis of Metsähallitus Kittilä LiDAR data		
Number of pages	33 + 6		

In this thesis Metsähallitus Kittilä LiDAR data was processed with GIS analysis. The aim was to develop a more practical LiDAR segmentation from the study area. The original LiDAR segmentation does not completely fulfill the set specifications. Particularly on low laserheight targets such as wastelands and saplings the LiDAR segmentation is way too detailed.

The work was done using raster and vector analysis in ArcGIS environment. The original LiDAR segmentation was converted to zonal raster by calculating laser heights from digital terrain models. Using visual reading of aerial photos the threshold values of low laser height targets were created. Zonal raster was reclassified using these threshold values and vectorized to new LiDAR segmentation.

Visual reading of aerial photos was used to estimate the accuracy of new LiDAR segmentation. It was noticed that on wastelands and on saplings that restrict one selves to forest cover the new LiDAR segmentation can be considered as success. In natural regeneration targets and other wooded land areas the new LiDAR segmentation was not so practical. In some cases the segmentation was still too detailed but on the other hand there were also too simplified targets. The most problematic areas were wasteland targets that restrict one selves to saplings.

The used method didn't manage to produce successful results to all targets of study area but can still be considered as relatively functional method to improve the quality of LiDAR segmentation. By adding laser variables to method at least some of the issues could be solved.

Keywords: ArcGIS, development, LiDAR (light detection and ranging), segmentation, GIS (geographic information system)

SISÄLTÖ

KUVIOLUETTELO	1
KÄSITELUETTELO	2
1 JOHDANTO	3
2 LASERKEILAUUS	5
2.1 KEILAUKSEN PERIAATE	5
2.2 MAASTOA KUVAAVIEN MALLIEN TUOTTAMINEN PISTEPILVIAINEISTOSTA	6
2.3 PUUSTOTIETOJEN TUOTTAMINEN	7
2.4 SEGMENTOINTI JA MIKROKUVIOINTI	9
3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	10
4 PAIKKATIETOANALYYSIT	12
4.1 CHM-RUUTUJEN YHDISTÄMINEN	12
4.2 MIKROKUVIOAINEISTON KÄSITTELY	13
4.2.1 Alkuperäinen mikrokuviointi	13
4.2.2 Mikrokuvioinnin leikkaaminen	14
4.3 LASERPITUUDEN LASKEMINEN	16
4.4 ALUERASTERIN UUDELLEENLUOKITTELU	17
4.4.1 Ilmakuvatulkinta	17
4.4.2 Puskurianalyysi	18
4.4.3 Laserpituuksien taulukointi	19
4.4.4 Luokittelutaulukon luominen	20
4.4.5 Uudelleenluokittelu	21
4.5 UUDELLEENLUOKITELLUN RASTERIN VEKTOROINTI	21
5 TULOKSET	23
5.1 MIKROKUVIOIDEN LUKUMÄÄRÄ	23
5.2 UUDEN KUVIOINNIN VISUAALINEN TARKASTELU	23
5.2.1 Joutomaan kohteet	23
5.2.2 Kitumaan kohteet	24
5.2.3 Taimikkokohteet	25
5.2.4 Mikrokuvioiden yhdistyminen puustoisilla kohteilla	28
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	29
LÄHTEET	31
LIITTEET	33

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Kittilän laserkeilaushankkeen mikrokuviointia joutomaan avosuolla.....	4
Kuvio 2. Laserkeilauksen yleisperiaate (Vilhomaa 2010, 29).....	6
Kuvio 3. Puuston pituutta kuvaava malli (CHM) Kittilän laserkeilausalueelta	7
Kuvio 4. Hilaruudukko ilmakuvan päällä sekä ote hilan ominaisuustaulun puustotiedoista	8
Kuvio 5. Mikrokuviointia ilmakuvan päällä sekä ote mikrokuvion ominaisuustaulun puustotiedoista	9
Kuvio 6. CHM-ruutujen yhdistäminen "Mosaic to new raster" -työkalulla	13
Kuvio 7. Kittilän laserkeilaushankkeen mikrokuvioiden pinta-aloille laskettu statistiikka	13
Kuvio 8. Tutkimusalueen maskin muodostaminen "Raster domain" -työkalulla	14
Kuvio 9. Mikrokuvioaineiston leikkaaminen tutkimusalueen maskilla käyttäen "Intersect"-työkalua	15
Kuvio 10. Tutkimusalueen mikrokuvioiden pinta-aloille laskettu statistiikka	15
Kuvio 11. Aluerasterin luominen "Zonal Statistics" -työkalulla	16
Kuvio 12. Valmista aluerasteria	17
Kuvio 13. Mikrokuvioiden yhdistäminen editointisession "Merge"-työkalulla	18
Kuvio 14. Puskurianalyysillä tuotettu mikrokuvion raja aluerasterin päällä	18
Kuvio 15. Puskurianalyysin toteuttaminen "Buffer"-työkalulla.....	19
Kuvio 16. Laserpituuksien taulukointi "Zonal statistics as table" -työkalulla	20
Kuvio 17. Aluerasterin uudelleenluokittelu "Reclass by ASCII File" -työkalulla	21
Kuvio 18. Uudelleenluokitellun aluerasterin vektorointi "Raster to polygon" -työkalulla	22
Kuvio 19. Onnistunutta kuviointia joutomaan avosuolla	24
Kuvio 20. Kuviointia avosuon vaihtumisvyöhykkeellä.....	25
Kuvio 21. Onnistunutta kuviointia taimikkokohteella	25
Kuvio 22. Kuviointia ylispuustoisen taimikon kohteella	26
Kuvio 23. Epäkäytännöllistä kuviointia joutomaahan rajoittuvalla taimikkokohteella	27
Kuvio 24. Onnistunutta kuviointia joutomaahan rajoittuvalla taimikkokohteella	27
Kuvio 25. Puustoisella kohteella tapahtunut kuvioiden yhdistyminen	28

KÄSITELUETTELO

Ilmakuvamuuttuja

Numeeriselta ilmakuvalta laskettu kuvan sävyarvoihin tai tekstuuripiirteisiin pohjautuva muuttuja. Sävyarvoista tulkitut muuttujat kuvaavat yleensä hyvin puulajivaihtelua, ja tekstuuripiirteisiin pohjautuvat muuttujat puuston kokorakennetta ja tilajärjestystä. (MMM:n yhteistutkimushankkeen loppuraportti 2012, 6.)

Laserpituus

Pistepilviaineistosta laskettu normalisoitujen laserpisteiden keskiarvo tarkasteluyksikköä kohden. (Holopainen–Hyypä–Vastaranta–Hyypä 2011, 131).

Lasertiheys

Tarkasteluyksikön paluukaikujen prosenttiosuus määrätyn suhteellisen korkeuden alapuolella. Kittilän laserkeilaushankkeessa lasertiheys on laskettu 90 prosentin suhteelliselta korkeudelta. (Ratilainen 2013.)

Rasterimuotoinen paikkatietoaineisto

Kuvamuotoinen paikkatietoaineisto. Aineisto koostuu säännöllisistä ruuduista (solu, pikseli), joiden arvo kuvastaa kohteelle tallennettua ominaisuustietoa. Rasterimuotoinen paikkatietoaineisto soveltuu hyvin kuvaamaan jatkuvia pintoja, kuten maaston korkeutta, sademäärää tai lämpötilaa. (ArcGIS desktop help 2008.)

Vektorimuotoinen paikkatietoaineisto

Kohteet kuvataan pisteinä, viivoina ja alueina. Vektorimuotoinen paikkatieto sisältää pisteiden koordinaatit ja erillisen ominaisuustiedon taulukkomuodossa. Viivat määritellään alku- ja päätepisteiden koordinaattien avulla ja alueet rajautuvat viivojen solmupisteiden koordinaattien avulla. (Paikkaoppi.fi Paikkatiedon avoin oppimisympäristö 2013.)

1 JOHDANTO

Laserkeilaus on voimakkaasti yleistymässä tärkeimmäksi metsien inventointimenetelmäksi valtakunnan tasolla. Lapissa tulkittua puustotietoa on tällä hetkellä kolmesta eri keilaushankkeesta. Tässä työssä tarkastelun kohteena olevan Kittilän keilaushankkeen lisäksi puustotiedot ovat vuoden 2012 aikana valmistuneet Sallan ja Rovaniemen hankkeista. Yhteensä näissä hankkeissa puustotietoja on tuotettu yli 600 000 hehtaarin alueelle.

Kittilän laserkeilaushanke on toteutettu Metsähallituksen ja Suomen metsäkeskuksen yhteishankkeena. Yhteensä keilausalueen pinta-ala on noin 250 000 hehtaaria, josta Metsähallituksen osuus on noin 122 000 hehtaaria. Keilaus ja referenssikoealamittaukset on suoritettu kesällä 2010, ja lopullinen puustotulkinta on valmistunut joulukuussa 2012. Keilauksen ja puustotulkinnan on toteuttanut TerraTec Oy, joka on toimittanut Metsähallitukselle keilausalueelta puustotietojen lisäksi primääridatan pistepilvimuodossa sekä laserpisteaineistosta tuotetut pintamallit.

Olen metsätalouden opinnoissani suuntautunut paikkatietotekniikkaan ja kaukokartoitusmenetelmiin, joten luontevaa oli opinnäytetyön aihetta miettiessäni keskittyä näihin osa-alueisiin. Otin yhteyttä Metsähallituksen Länsi-Lapin alueen maankäyttö- ja ympäristöpäällikkö Lauri Karvoseen, jonka kanssa pohdimme opinnäytetyön aihetta. Keskusteluissamme tuli selkeästi esille, ettei Kittilän keilaushankkeen mikrokuviointi vastaa kaikilta osin asetettuja tavoitteita.

Jalostin ideaa omatoimisesti eteenpäin, ja opinnäytetyön aiheeksi rajautui laserkeilausaineistosta tuotetun mikrokuvioinnin kehittäminen paremmin operatiivista metsien käyttöä vastaavaksi. Kittilän laserkeilaushankkeen puustotiedoilla alueilla mikrokuviointi on toimivaa, sillä kuvioinnin avulla etsitään potentiaalisia hakkuukohteita teemoittamalla mikrokuvioverkko hakkuutarpeen mukaan ja visuaalisesti tulkitsemalla haetaan sopivia hakkuukeskittymiä. Kuviosta 1 on nähtävissä, että kitu- ja joutomailla mikrokuviointi on lähtökohtaisesti liian pikkutarkkaa, sillä näillä alueilla metsätalouden toimia ei harjoiteta. Myöskään taimikoissa tarkka mikrokuviointi ei palvele tarkoitusta, sillä aineistosta tuotetut puustotiedot ovat taimikoissa lähtökohtaisesti harhaisia, sillä referenssikoealoja ei ole mitattu taimikoista.



Kuvio 1. Kittilän laserkeilaushankkeen mikrokuviointia joutomaan avosuolla

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää paikkatietanalyysiin perustuva menetelmä, jolla voidaan tuottaa Kittilän laserkeilausalueelle paremmin käyttöä palveleva mikrokuviointi taimikoiden, kitumaiden ja joutomaiden osalta. Työ toteutetaan käyttäen ArcGIS-ohjelmistoa ja laserkeilauksen pistepilvine aineistosta tuotettuja paikkatietoaineistoja. Tavoitteena on tuottaa raporttiin yksityiskohtainen kuvaus tarvittavista analyyseistä sekä yksityiskohtaiset ohjeet analyyysien ajamiseksi ArcGIS-ympäristössä.

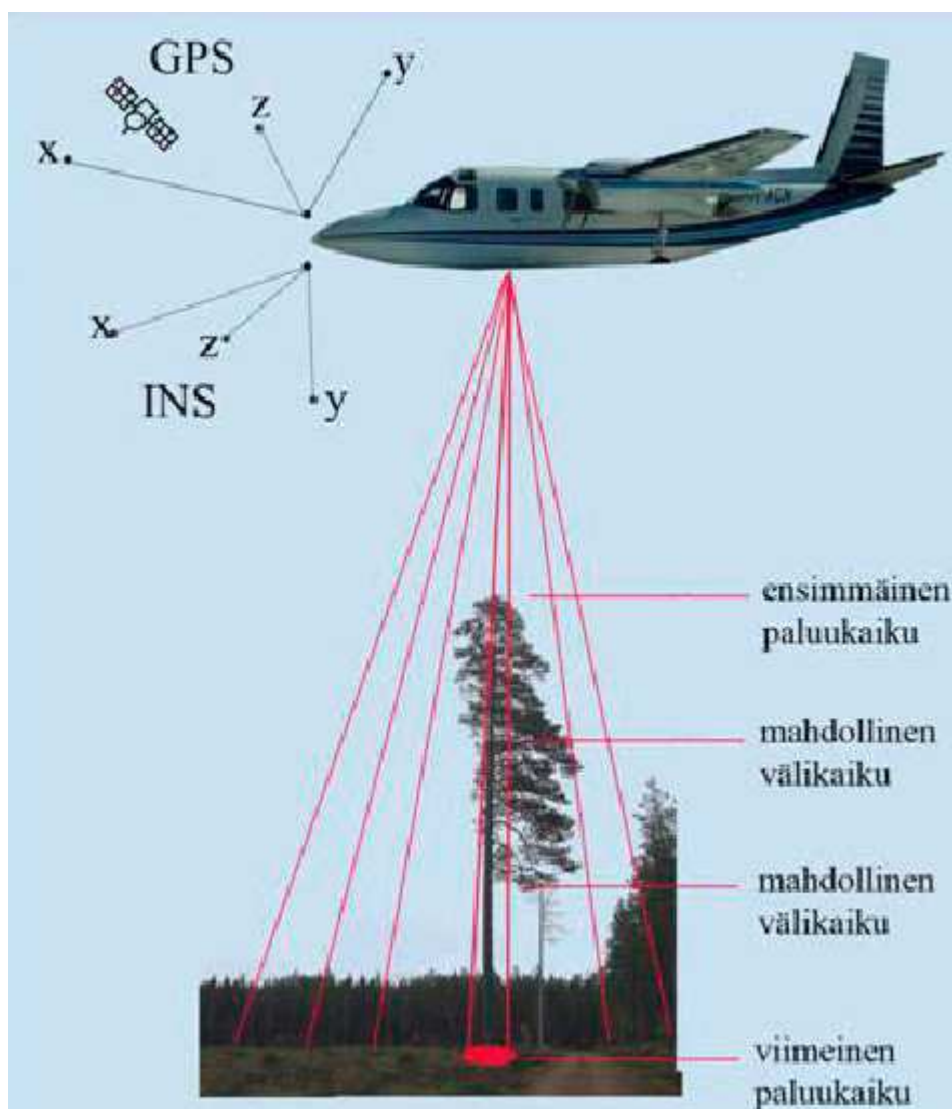
2 LASERKEILAUUS

2.1 Keilauksen periaate

Laserkeilaus (LiDAR, Light Detection And Ranging) on aktiivinen kaukokartoitusmenetelmä, jonka toiminta perustuu laserkeilaimen ja kohteen välisen etäisyyden tarkkaan mittaamiseen laserpulssin kulkuajan perusteella (Holopainen ym. 2011, 130; Wehr–Lohr 1999, 63–64). Metsätalouden sovellutuksissa lentokonelaserkeilaus (ALS, Airborne laser scanning) on osoittautunut lupaavimmaksi menetelmäksi metsävaratiedon tuottamiseksi. Puustotunnusten estimoinnissa lentolaserkeilauksella on saavutettu metsikkötasolla jopa perinteistä kuvioittaista arviointia tarkempia tuloksia. (Packalén–Maltamo 2007, 334–338; Uutera–Anttila–Suvanto–Maltamo 2006, 513–515.)

Lentokonelaserkeilauksessa lentokoneessa sijaitseva laserkeilain lähettää laserpulsseja, jotka heijastuvat maaston kohteista takaisin vastaanottimeen. Laserkeilauslaitteisto mittaa heijastumiseen kuluvan ajan ja laskee kohteen tarkan sijainnin kolmiulotteiseen koordinaatistoon. Lentokoneen tarkan sijainnin määrittäminen on avainasemassa aineiston tarkkuuden kannalta, joten sijainti määritetään differentiaalikorjatun GPS-signaalin avulla. Lentokoneessa on lisäksi inertia-anturi, joka määrittää lentokoneen kallistuksen jokaisen pulssin kohdalla. (Vilhomaa 2010, 29–30.) Käyttämällä apuna maaston referenssipisteitä näillä mittausjärjestelmillä päästään peitteisilläkin alueilla alle kymmenen senttimetrin sijaintitarkkuuteen (Ahokas–Kaartinen–Hyyppä 2002, 3; Csanyi–Toth 2007, 394).

Keilauksen aikana tallennetuista laserpulssien osumista muodostetaan kolmiulotteisia pistepilviä. Jokainen aineiston piste edustaa jotakin maassa olevaa kohdetta, josta laserpulssi on heijastunut takaisin. Yksi lähetetty pulssi voi tuottaa useita paluukaikuja, sillä laserpulssi heijastuu vain osittain takaisin puun latvustosta ja viimeinen paluukaiku heijastuu vasta maan pinnasta. (Vilhomaa 2010, 29). Ilmasta suoritettavan laserkeilauksen periaate on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Laserkeilauksen yleisperiaate (Vilhomaa 2010, 29)

Pistepilviaineiston tiheyttä kuvaava suure on pulssitiheys, joka ilmoitetaan laserpulssien lukumääränä neliometriä kohden maan pinnalla. Tiheäpuls-sissa laserkeilauksessa pulssitiheys on noin 5–30 pulssia/m² ja harvapuls-sissa vastaavasti 0,5–2 pulssia/m² (Maltamo–Packalen–Uuttera–Ärölä–Heikkilä 2008, 304). Tässä opinnäytetyössä tarkastelun kohteena olevan la-serkeilausaineiston pulssitiheys on 0,5 pulssia/m².

2.2 Maastoa kuvaavien mallien tuottaminen pistepilviaineistosta

Laserkeilauksen suurin etu muihin kaukokartoitusmenetelmiin verrattuna on kyky tuottaa kolmiulotteista ja tarkkaa informaatiota maaston muodoista. Pistepilvistä tuotetaankin metsätalouden sovellutuksissa maaston muotoja kuvaavia maastomalleja. CHM (canopy height model) on puuston latvuston pi-tuutta kuvaava malli, joka saadaan maastomallin (DTM, digital terrain model)

ja pintamallin (DSM, digital surface model) erotuksena. (Hyypä ym. 2009, 342–343.)

Maaston muotoja kuvaavat mallit esitetään rasteripintoina, joissa solun arvot kuvaavat korkeushavaintoja. DSM koostetaan ensimmäisten paluukaikujen ja DTM viimeisten paluukaikujen keskiarvojen perusteella. Soluihin joista paluukaiku puuttuu, interpoloidaan arvo käyttämällä esimerkiksi Delaunay-kolmiointia. CHM tuotetaan vähentämällä maastomallista (DTM) pintamalli (DSM). (Hyypä ym. 2009, 343.) Kittilän laserkeilausalueelta TerraTec Oy on tuottanut mallit yhden metrin solukoolla (kuvio 3).



Kuvio 3. Puuston pituutta kuvaava malli (CHM) Kittilän laserkeilausalueelta

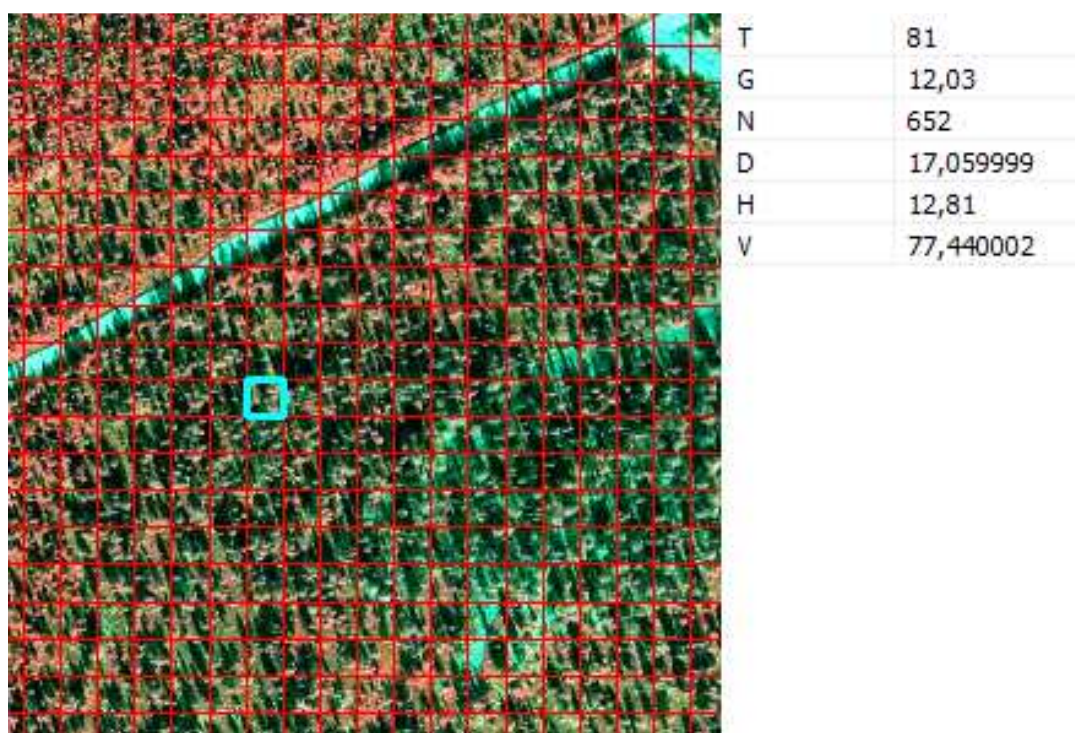
2.3 Puustotietojen tuottaminen

Puustotietojen tuottamiseksi laserkeilausaineistosta on kaksi erilaista tapaa: yksinpuintulkinta ja aluepohjainen tulkinta. Yksinpuintulkinnassa laseraineistosta tulkitaan ja erotellaan yksittäisten puiden latvustot. Latvuston ominaisuuksien perusteella lasketaan metsikkökohtaiset puustotunnukset. Edellytyksenä yksinpuintulkinnan onnistumiselle on tiheäpulsseisen laseraineiston käyttö. (Hyypä–Inkinen 1999, 30–32.) Käytännön metsävaratiedon hankin-

nassa menetelmä ei ole yleisesti käytössä johtuen tiheäpulssisen laseraineiston kalliista hankintahinnasta (Maltamo ym. 2008, 309).

Aluepohjainen tulkinta onnistuu myös harvapulssisesta laseraineistosta. Menetelmässä käytetään regressioyhtälöitä puustotunnusten tuottamiseen laseritunnusten avulla. Yleisiä malleja menetelmään ei ole käytössä, joten jokaisesta hankkeesta täytyy laatia omat mallit puustotietojen perustaksi. Tämä edellyttää sijainniltaan ja puustotiedoiltaan tarkkojen maastokoealojen mittaamista. Puustotunnukset tuotetaan inventoitavalle alueelle muodostetulle systemaattiselle hilaverkolle. (Suvanto–Maltamo–Packalen–Kangas 2005, 414–415.)

Kittilän keilaushankkeessa mitattiin alueelta 546 maastokoealaa. Koealat mitattiin yhdeksän metrin säteisinä kiinteinä koealoina lukien kaikki koealalla sijaitsevat rinnankorkeusläpimitaltaan yli viisi senttimetriä olevat puut. Regressioyhtälöt laadittiin käyttäen selittävinä muuttujina laseraineistosta ja numeerisista ilmakuvista tulkittuja muuttujia. Kaikkiaan muuttujia käytettiin yhtälöissä 29 kappaletta. Puustotulkinta tuotettiin kooltaan 16 metriä x 16 metriä olevalle vektorimuotoiselle säännölliselle hilaverkolle. (Ratilainen 2013.) Hilaverkko ja ote hilan puustotiedoista ovat nähtävissä kuviosta 4.

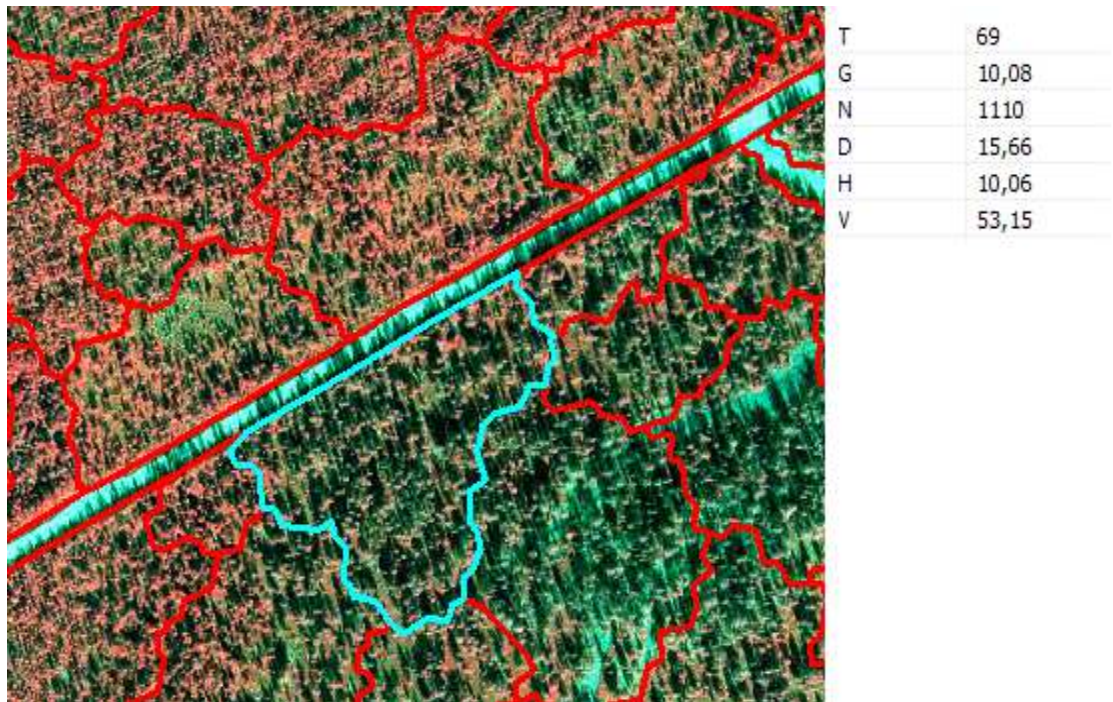


Kuvio 4. Hilaruudukko ilmakuvan päällä sekä ote hilan ominaisuustaulun puustotiedoista

2.4 Segmentointi ja mikrokuvointi

Laserkeilauksen yhteydessä tuotetaan mikrokuvointi keilausalueelta. Automaattisella segmentoinnilla koostetaan laser- ja ilmakuvamuuttujien avulla yhtenäisiä alueita. Segmentoinnin tavoitteena on tuottaa puuston toimenpide-tarpeen määrittämisen kannalta tunnistettavia mikrokuvioita. Kittilän keilaus-hankkeessa pyrittiin välttämään kooltaan hyvin pieniä mikrokuvioita: tavoitel-tava minimikoko oli 0,5 –1 hehtaaria. Automaattisessa segmentoinnissa käy-tettiin selittävinä muuttujina ainoastaan kahta lasermuuttujaa, ilmakuvamuut-tujia ei ollut käytössä yhtään. (Ratilainen 2013.)

Mikrokuvioille johdetaan puustotiedot hilaverkolta. Mikrokuvion sisään jäävien hila-alkioiden puustotiedot lasketaan yhteen ja tuloksena saadaan mikrokuvio-kohtainen puustotieto (kuvio 5).



Kuvio 5. Mikrokuvointia ilmakuvan päällä sekä ote mikrokuvion ominaisuustaulun puustotiedoista

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Työni idea on yhdistellä taimikoissa sekä kitu- ja joutomailla segmentoinnilla tuotettuja mikrokuvioita suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Toteutan yhdistelyn rasterioimalla mikrokuvioverkon siten, että solun arvoksi lasketaan mikrokuvion sisään jäävien korkeusarvojen keskiarvo suoraan latvustomallista (CHM). Muuttujana kaikkien analyysien taustalla on tämä latvustomallista laskettu laserpituus. Valitsin laserpituuden muuttujaksi, koska se saa pieniä arvoja tarkastelun kohteena olevilla mikrokuvioilla. Aineiston uudelleenluokittelussa voidaan luoda uusia luokkia pienen laserpituuden kohteille ja jättää suuremman laserpituuden arvot mahdollisimman koskemattomaksi. Lisäksi laserpituus muuttujana kuvastaa hyvin kitu- ja joutomaiden sekä taimikoiden ominaispiirteitä.

Rasterointi täytyy tehdä yhden metrin solukoolla, jotta uusi kuviointi noudattaisi mahdollisimman tarkasti alkuperäisen kuvioinnin kuviorajoja. Käytössäni on TerraTec Oy:n toimittamat latvustomallit (CHM) ja mikrokuvioverkko ilman ominaisuustietoja.

Uuden kuvioinnin perustaksi haen kolmelta ilmakehuvaruudelta kitu- ja joutomaan kuvat sekä taimikkokuvat. Yhdistelen visuaalisen tulkin perusteella kyseisten kohteiden mikrokuvat suuremmiksi toimenpidekuvioiksi, joiden sisäistä laserpituuden vaihtelua tutkimalla saan käsityksen kohteiden pituushajonnasta.

Luokittelen rasterin uudelleen käyttäen luokkarajoina pituushajonnan perusteella haettuja kynnyсарvoja. Uudelleenluokitellun rasterin käännän vektorimuotoon, jolloin tuloksena on kuvioverkko, jossa taimikoiden sekä kitu- ja joutomaiden kuviointi on suuripiirteisempää ja käytännöllisempää kuin alkuperäisessä aineistossa.

Ajettavat analyysit ovat laskennallisesti raskaita johtuen aineistojen suuruudesta. Latvustomallit on tuotettu metrin solukoolla ja jaettu 5 km x 5 km ruutuihin, joten yksi tiedosto sisältää 25 miljoonaa pikseliä ja tiedostokoko on noin sata megatavua. Kaikkiaan keilausalue sisältää 109 latvustomalliruutua, joten koko keilausalueen kattavan analyysin tuottamiseksi pelkästään latvustomalleja täytyisi prosessoida yli kymmenen gigatavun edestä jokaisessa

analyysin vaiheessa. Käytössäni olevalla työasemalla näin suuren datamäärän käsittely ei ole mielekäästä, joten keilausalueelta täytyy rajata tähän opinnäytetyöhön huomattavasti pienempi tutkimusalue.

Tutkimusalueeksi valitsen satunnaisotannalla keilausalueelta kymmenen latvustomalliruutua, joista kolmea käytän uusien luokkarajojen hakemiseen. Uudelleenluokittelun ja vektoroinnin ajan kaikille kymmenelle latvustomalliruudulle, joten uuden kuvioinnin laadun tarkasteluun jää seitsemän latvustomalliruutua.

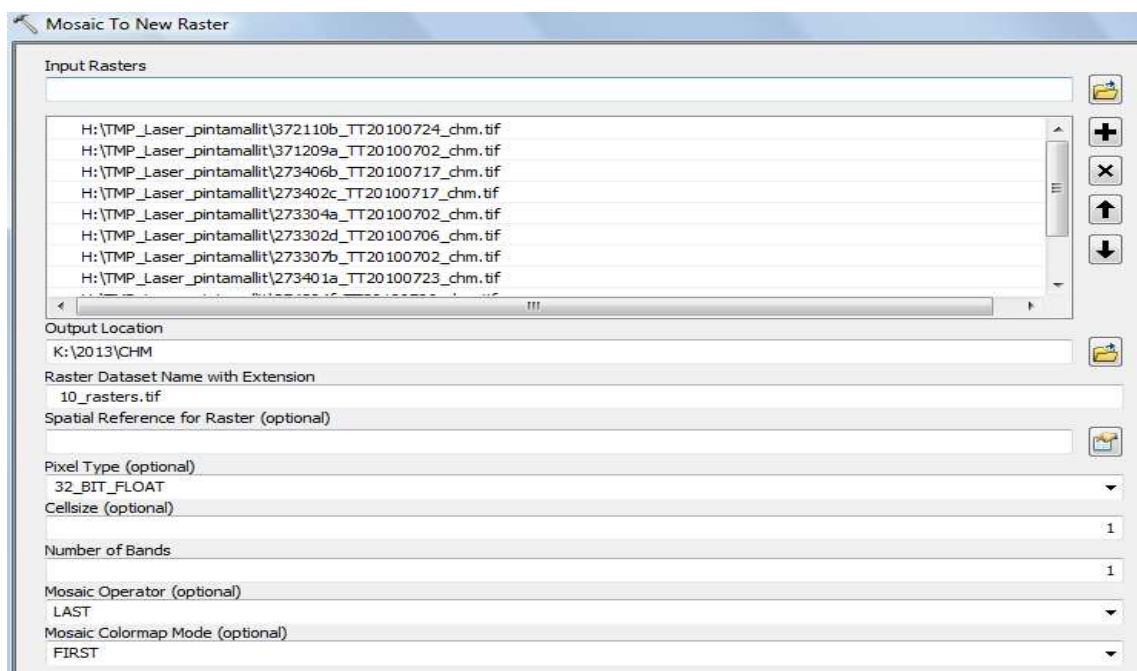
4 PAIKKATIIETOANALYYSIT

4.1 CHM-ruutujen yhdistäminen

Satunnaisotannalla valitut CHM-ruudut täytyy ennen analyysien ajamista yhdistää yhdeksi tiedostoksi, jotta myöhemmät analyysit voidaan ajaa yhdellä syötteellä. Rastereiden yhdistämiseen ja mosaikointiin ArcGIS:n työkaluista löytyy useampia eri vaihtoehtoja. Tässä työssä päädyin käyttämään ”Mosaic to new raster” -työkalua.

”Mosaic to new raster” -työkalu koostaa annetut rasterit yhteen tiedostoon, jossa uuden rasterin maantieteellinen rajausta muodostuu syötteiden ääriarvojen mukaan. Välialueilla uuden rasterin soluarvoiksi annetaan ”no data”. Tämä nopeuttaa jatkoanalyysijä, sillä ”no data”-arvot voidaan jättää laskennoissa huomiotta.

TerraTec Oy:n toimittamissa CHM-rastereissa pikselin tyypiksi on määritelty 32-bittinen liukuluku. Jokainen pikseli saa siis arvokseen pistepilviaineistosta lasketun laserpituuden, joka ilmoitetaan 32-bittisenä desimaalilukuna. Jotta rastereiden yhdistämisessä ei kadoteta tietoa, täytyy myös uuden rasterin solutyypiksi määrittää 32-bittinen liukuluku. Solukooksi annetaan alkuperäisen rasterin mukaisesti 1 metri. CHM-rasteri on yksikanavainen, sillä solun arvona on vain laserpituutta kuvaava arvo, joten yhdistetystä rasteristakin tehdään yksikanavainen. ”Mosaic operator” -kenttä määrittää mistä solun arvo lasketaan, mikäli aineistoissa on päällekkäisyyksiä. ”LAST”-parametrilla ohjataan laskemaan arvo viimeisestä mosaiikkiin tulevasta rasterista. ”Mosaic colormap code” -kenttä voidaan tässä tapauksessa jättää huomiotta, sillä värikarttaa ei voi luoda liukulukurasteriin. Työkalussa käytettävät syötteet ja parametrit on esitetty kuviossa 6.

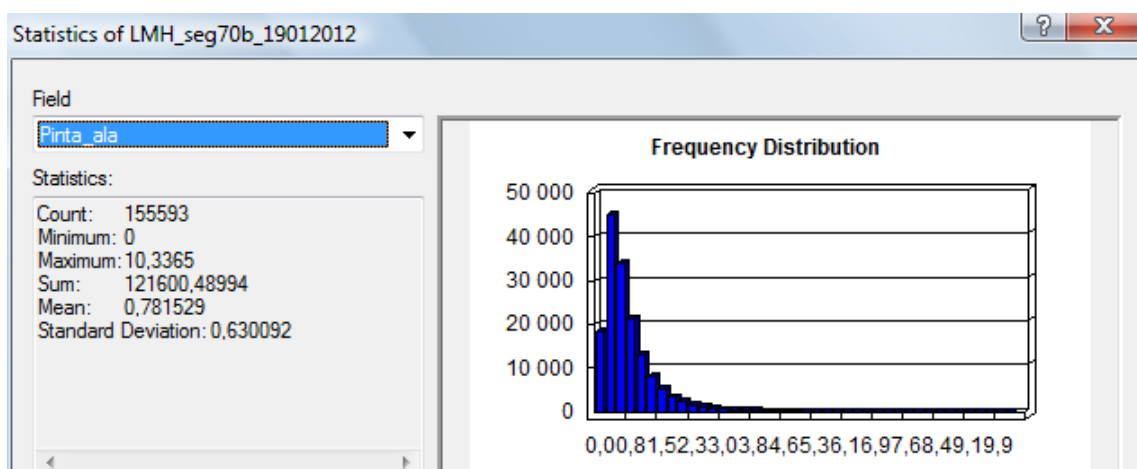


Kuvio 6. CHM-ruutujen yhdistäminen "Mosaic to new raster" -työkalulla

4.2 Mikrokuvioaineiston käsittely

4.2.1 Alkuperäinen mikrokuviointi

Metsähallituksen maille Kittilän keilaushankkeessa on muodostettu mikrokuviointia kaikkiaan noin 122 000 hehtaarin alueelle. Mikrokuvioita aineistossa on 155 593 kappaletta. Yhden mikrokuvion keskikoko on 0,78 hehtaaria keskihajonnan ollessa 0,63. Mikrokuviointia muodostettaessa segmentointi on ajettu samoilla parametreilla koko aineistolle, joten jouto- ja kitumailla sekä taimikoissa mikrokuvioiden koko ei poikkea metsäisten alueiden mikrokuvioinnista. Keilausalueen mikrokuvioille laskettu statistiikka on esitetty kuviossa 7.

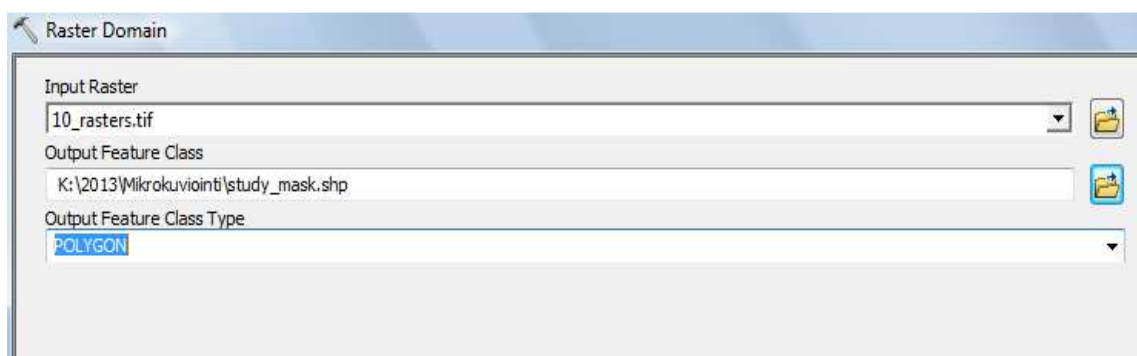


Kuvio 7. Kittilän laserkeilaushankkeen mikrokuvioiden pinta-aloille laskettu statistiikka

Koko mikrokuvioaineistoa ei ole mielekästä käsitellä tässä työssä, sillä vain murto-osalle mikrokuvioita lasketaan CHM-ruuduista laserpituudet. Analysoinnin keventämiseksi on tarkoituksenmukaista leikata mikrokuviointi koskemaan vain tutkimusaluetta.

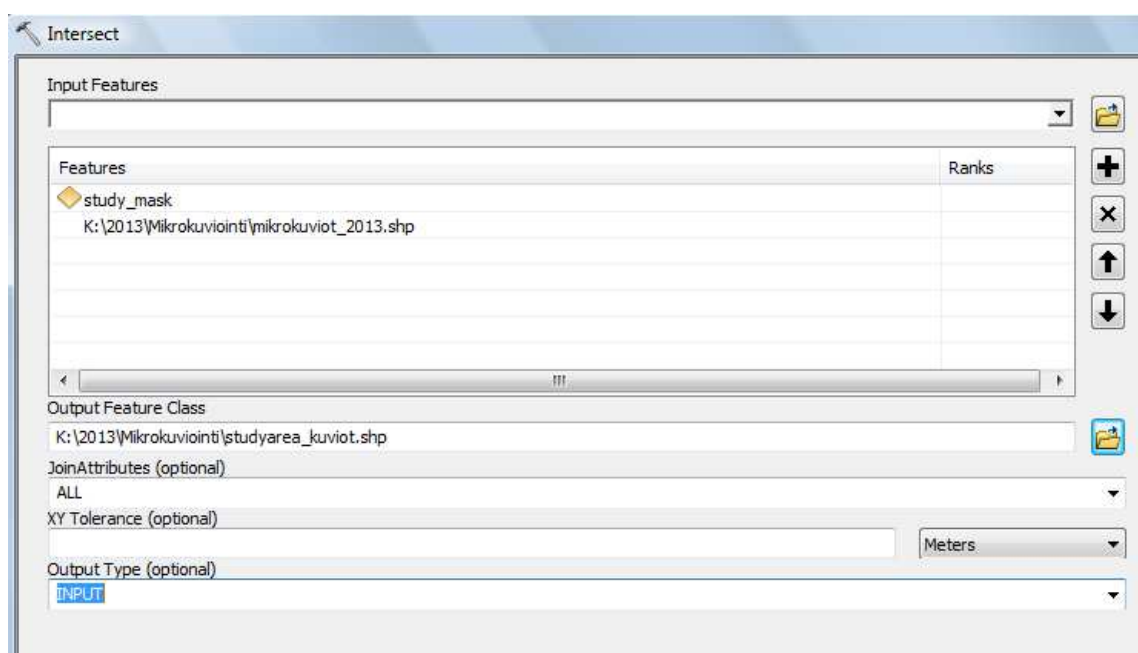
4.2.2 Mikrokuvioinnin leikkaaminen

Tutkimusalueesta täytyy muodostaa vektorimuotoinen maski, jotta mikrokuvioaineiston leikkaaminen onnistuu käyttäen ArcGIS:n leikkausanalyysiä. "Raster domain" -työkalulla muodostetaan kymmenen CHM-ruudun yhdistelmästä maantieteellistä rajausta vastaava maski. "Output feature class type" -kenttään valitaan parametriksi "POLYGON", jotta syntyvästä maskista saadaan geometriatiedoltaan alumuotoinen kohde (kuvio 8).



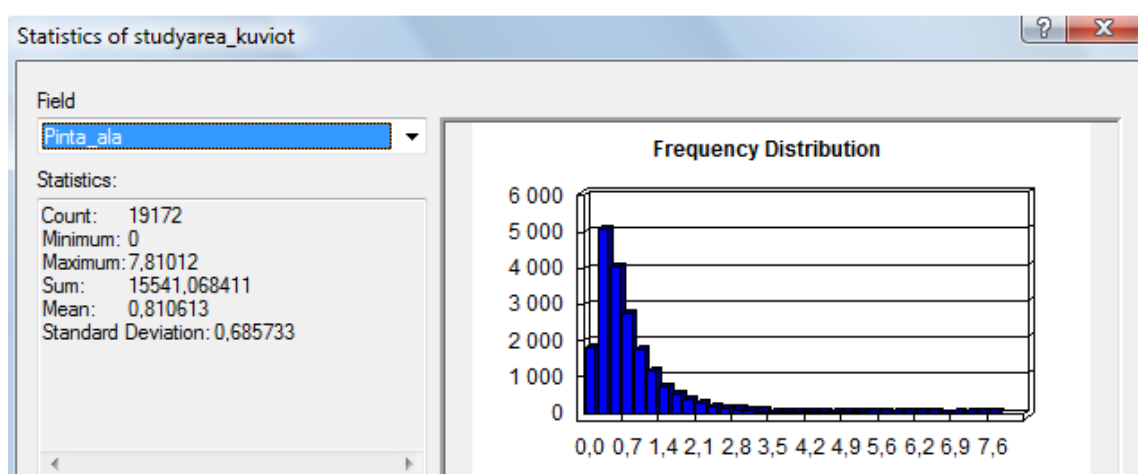
Kuvio 8. Tutkimusalueen maskin muodostaminen "Raster domain" -työkalulla

Varsinainen leikkausoperaatio tehdään "Intersect"-työkalulla. Syötteiksi annetaan muodostettu maski ja mikrokuvioaineisto. "Join Attributes" -kentällä voidaan määrittää, mitkä syötteiden ominaisuustietueet siirretään leikkauksessa syntyvään aineistoon. Parametrilla "ALL" ohjataan syötteiden kaikkien ominaisuustietueiden siirtyminen uuteen tiedostoon. "Output type" -kenttään annetaan parametriksi "INPUT", jotta aineiston geometriatieto säilyy alumuotoisena (kuvio 9).



Kuvio 9. Mikrokuvioaineiston leikkaaminen tutkimusalueen maskilla käyttäen "Intersect"-työkalua

Analyysin tuloksena saadaan mikrokuvioverkko, jonka maantieteellinen raja-
us on tutkimusalueen mukainen. Laskemalla statistiikka syntyneen mikroku-
vion omaisuustaulun pinta-alaa kuvaavalle kentälle (kuvio 10) huoma-
taan, että tutkimusalueella on 19 172 mikrokuviota, joiden kokonaispinta-ala
on noin 15 500 hehtaaria. Mikrokuvioiden keskikoko ja keskihajonta ovat sa-
maa suuruusluokkaa alkuperäisen koko keilausaluetta koskevan mikroku-
vion kanssa.

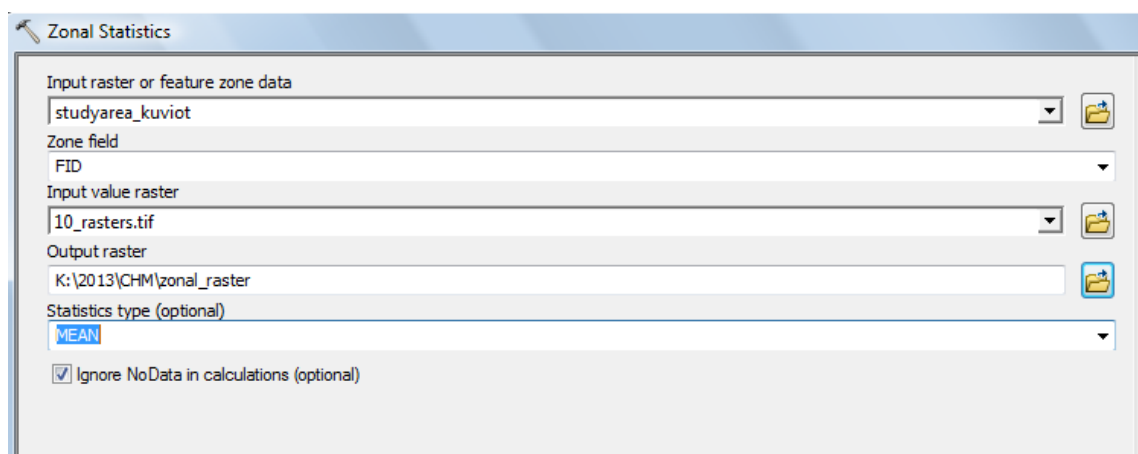


Kuvio 10. Tutkimusalueen mikrokuvioiden pinta-aloille laskettu statistiikka

4.3 Laserpituuden laskeminen

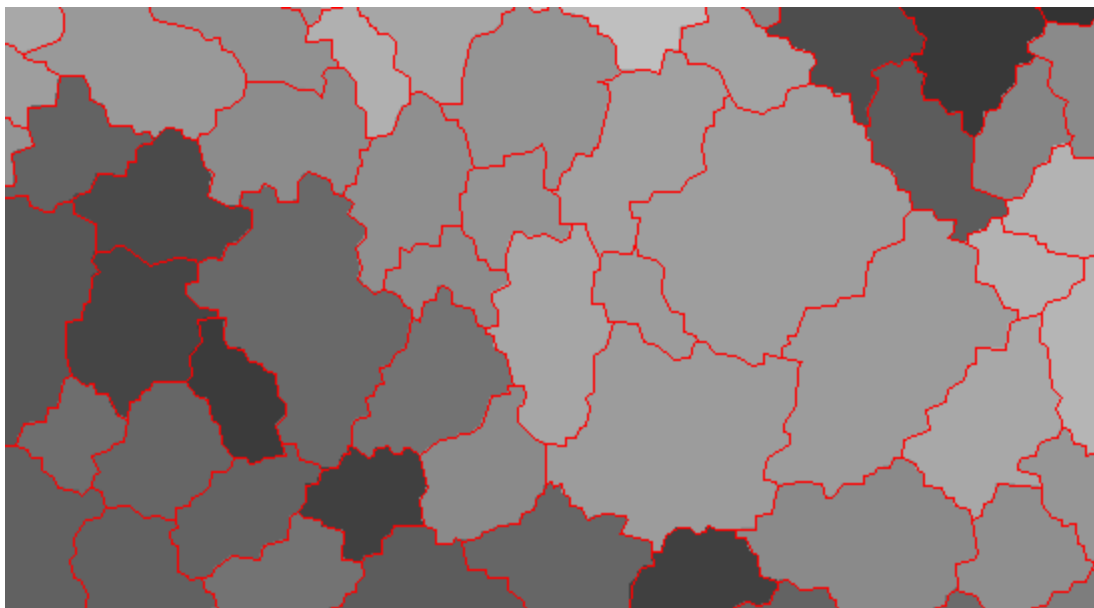
Tutkimusalueen mikrokuvioverkon ja CHM-ruutujen avulla luodaan rasterimuotoinen paikkatietoaineisto, jossa solun arvo kuvastaa laserpituutta. "Zonal Statistics" -työkalulla voidaan vektorimuotoista mikrokuvioverkkoa käyttää maskina, jonka sisään jääville soluille voidaan laskea CHM-ruuduista laserpituuden keskiarvo kuvastamaan koko mikrokuvion laserpituutta.

"Input raster or feature zone data" -kenttään annetaan syötteenä tutkimusalueen mikrokuvioverkko. "Zone field" -kentällä määritetään mikrokuviot yksilöivä ominaisuustietotaulun tietue. ArcGIS luo automaattisesti vektorimuotoisille paikkatietoaineistoille kokonaislukumuotoisen juoksevanumeroisen "FID"-tietueen, jota voidaan tässä analyysivaiheessa käyttää yksilöivänä tietueena. "Input value raster" -kenttään annetaan kymmenestä tutkimusalueen CHM-ruudusta aiemmin muodostettu rasterimuotoinen aineisto, josta muodostettavaan aluerasteriin haetaan arvot. "Statistic type" -kentällä määritetään operaattori, jolla arvot lasketaan. "MEAN"-parametrilla ohjataan laskemaan kullekin mikrokuvion niiden sisään jäävien solujen keskiarvo. "Ignore NoData in calculations" rastitetaan, sillä analyysin nopeuttamiseksi välialueiden tietoa sisältämättömät solut jätetään huomioimatta (kuvio 11).



Kuvio 11. Aluerasterin luominen "Zonal Statistics" -työkalulla

Analyysi tuottaa aluerasterin, jossa soluihin lasketut laserpituuden arvot muodostavat yhtenäisiä alueita mikrokuvioverkon rajauksen mukaisesti. Valmistettu aluerasteria on visualisoitu kuviossa 12.



Kuvio 12. Valmista aluerasteria

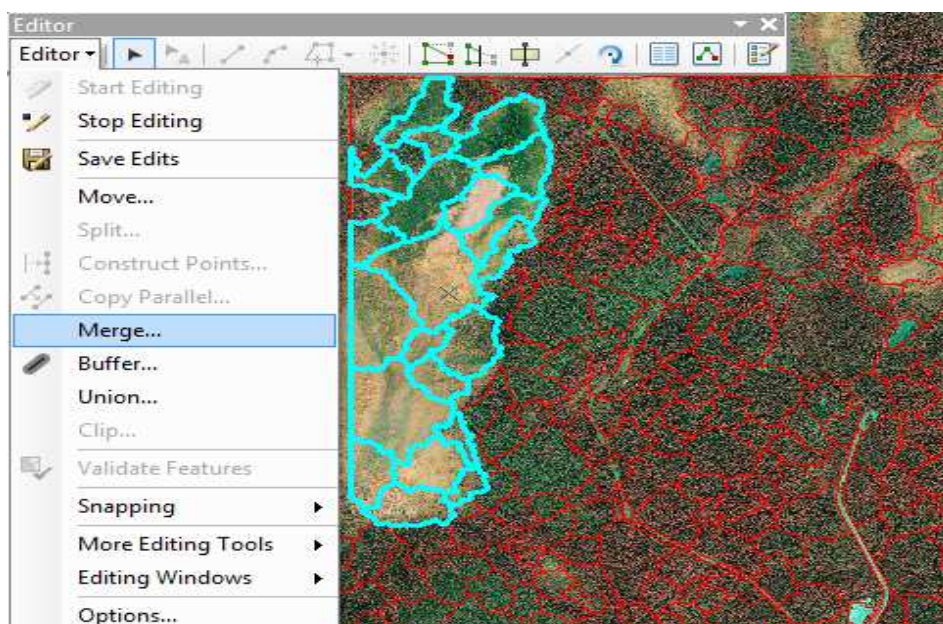
4.4 Aluerasterin uudelleenluokittelu

4.4.1 Ilmakuvatulkinta

Luokittelemalla aluerasteri uudelleen voidaan suorittaa tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oleva mikrokuvioden yhdistely jouto- ja kitumaille sekä taimikoissa. Uudelleenluokittelun perustaksi täytyy hakea tietoa laserpituuden vaihtelusta jouto- ja kitumaiden sekä taimikoiden sisällä.

Satunnaisotannalla valitaan kolme ilmakehävaihtelua tutkimusalueelta, joita vasten mikrokuviointia tarkastellaan. Visuaalista ilmakehävaihtelua käyttäen haetaan jouto- ja kitumaiden kuviot sekä taimikkokuviot. Näiden kohteiden mikrokuviot yhdistellään manuaalisesti suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Mikrokuvioden yhdistely toteutetaan käyttäen ArcGIS:n editointi-ikkunaa.

Tutkimusalueen mikrokuvioverkosta luodaan kopio, joka aukaistaan ArcGIS:n editointisessioon. Yhdistettävät mikrokuviot valitaan ”Select”-työkalulla ja yhdistetään alavetovalikon ”Merge”-toiminnolla (kuvio 13). Kolme ilmakehävaihtelua käydään systemaattisesti läpi ja etsitään aluksi kaikki kitu- ja joutomaiden kuviot, joille yhdistäminen tehdään. Lopuksi kaikki yhdistelemällä luodut kuviot valitaan ja tallennetaan omana tietokantanaan käyttämällä ”Export Data” -toimintoa. Taimikkokuvioden yhdisteleminen tehdään vastaavalla tavalla ja sen tulokset tallennetaan myös omana tietokantanaan.



Kuvio 13. Mikrokuvioiden yhdistäminen editointisession "Merge"-työkalulla

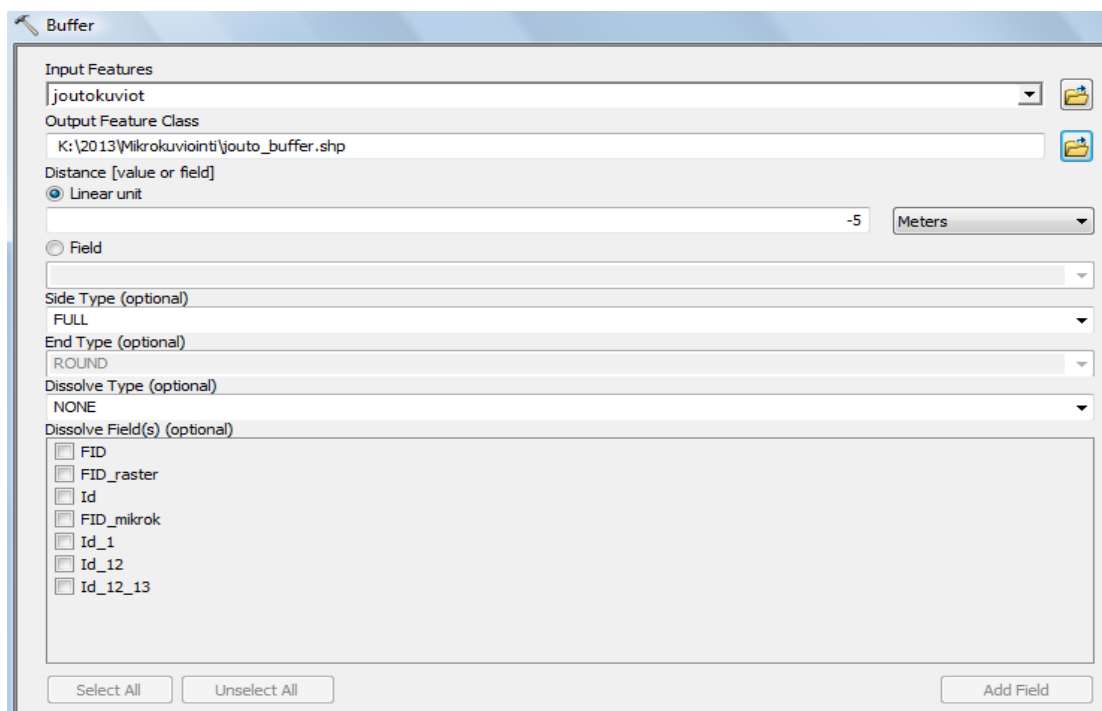
4.4.2 Puskurianalyysi

Mikrokuvioiden manuaalisen yhdistelyn kautta muodostettujen kuvioiden sisältä haetaan aluerasterista laserpituuden minimi- ja maksimiarvot. Ennen analyysin ajamista täytyy kuvioita hieman pienentää, sillä vektorimuotoinen kuvioverkko ei ole täysin yhtenevä rasteripintaan. Jos kuvioita ei pienennetä, tulee mukaan myös alueeseen kuulumattomia solun arvoja. Kuviossa 14 on vihreällä merkitty puskurianalyysillä tuotettu mikrokuvion raja. Kuvioista nähdään, että käytettäessä alkuperäisiä kuviorajoja (punainen) tulisi mikrokuvion sisään myös alueeseen kuulumattomia pikseleitä ympäröiviltä kuvioilta.



Kuvio 14. Puskurianalyysillä tuotettu mikrokuvion raja aluerasterin päällä

Kuvioiden ympärille muodostetaan puskurivyöhyke ArcGIS:n ”Buffer”-työkalulla. Syötteeksi annetaan yhdistelyn tuloksena muodostunut aluemuotoinen kuviotietokanta. ”Distance”-kenttään annetaan puskurivyöhykkeen pituus metreinä. Tässä tapauksessa pituudeksi annetaan -5 metriä, sillä käyttämällä negatiivista arvoa saadaan uusi kuvio muodostumaan vanhan sisälle. ”Side type” -kentällä määritetään, miten puskuri luodaan kohteen ympärille. Antamalla parametri ”FULL” luodaan puskuri aluemuotoisille kohteille siten, että alkuperäinen kohteen sisältämä alue luetaan mukaan uuteen kohteeseen. ”Dissolve type” -kentällä ohjataan puskurivyöhykkeiden käyttäytymistä päällekkäisissä tapauksissa. Tässä analyysissä puskurit luodaan aluemuotoisten kohteiden sisälle, eli päällekkäisiä puskureita ei ole, joten parametriksi voidaan antaa ”NONE” (kuvio 15). Taimikkokuviot sisältävälle tietokannalle ajetaan samat analyysit samoilla parametreilla.

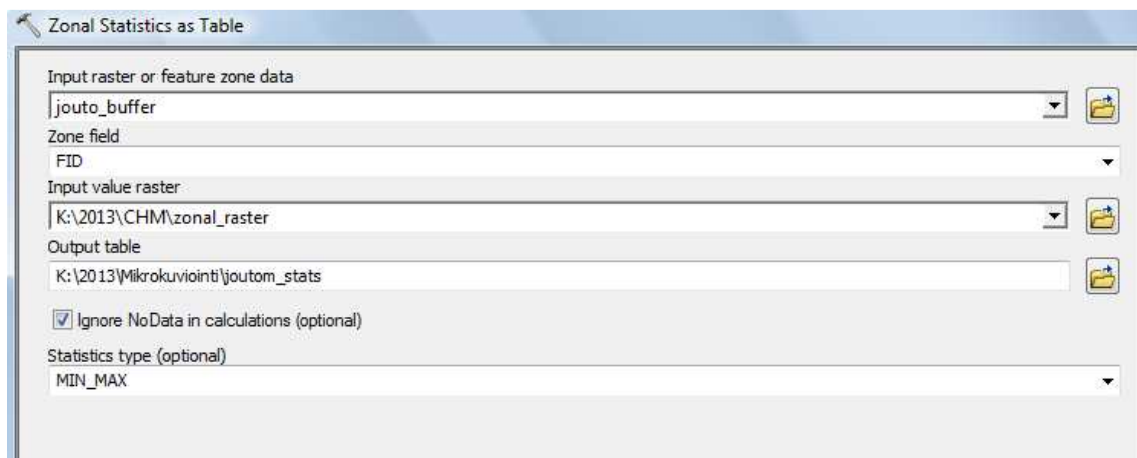


Kuvio 15. Puskurianalyysin toteuttaminen ”Buffer”-työkalulla

4.4.3 Laserpituuksien taulukointi

”Zonal Statistics as table” -työkalulla luodaan taulukko, joka sisältää kunkin kitu- ja joutomaakuvion sisältämien mikrokuvioiden laserpituuksista lasketun tilastitiikan. Työkalu on hyvin samantyylinen kuin ”Zonal Statistic” -työkalu, jota käytettiin aluerasterin luomisessa, joten parametreiksi syötetään samat arvot. ”Statistic type” -kenttään valitaan ”MIN_MAX”, jolloin taulukkoon laske-

taan kuvion sisään jäävien mikrokuvioiden minimi- ja maksimiarvo aluerasterista (kuvio 16). Taimikkokuvioista koostetaan vastaavalla tavalla taulukko.



Kuvio 16. Laserpituuksien taulukointi "Zonal statistics as table" -työkalulla

Syntyneet taulukot voidaan avata ArcGIS-ohjelmistossa, mutta muokkausta varten ne viedään Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaan. Uusien luokkarajojen määrittäminen tehdään hakemalla maksimiarvoista Excelin prosenttipisteanalyysillä arvot, joiden alle jää 60, 75, ja 90 prosenttia arvoista. Lasketut arvot muodostavat uudelleenluokittelun ylärajat. Taulukoidut arvot ja lasketut prosenttipisteet ovat nähtävissä liitteessä 1.

4.4.4 Luokittelutaulukon luominen

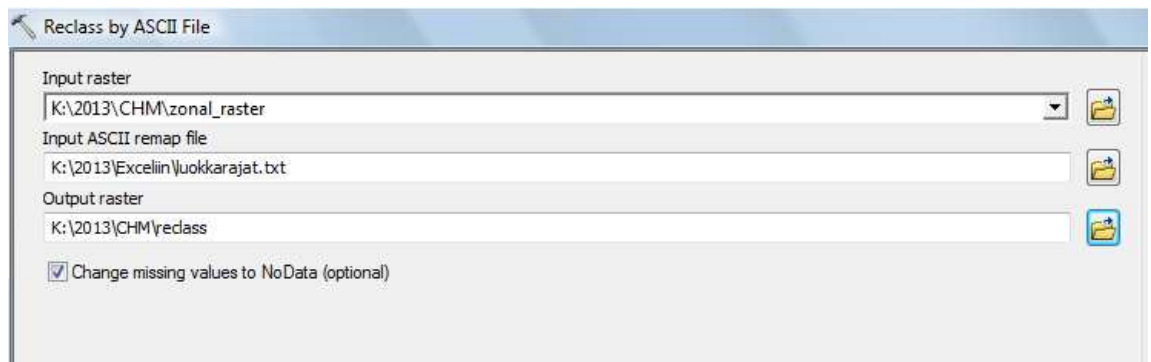
Aluerasteri on liukulukurasteri, mutta uudelleenluokittelussa rasterista tulee ArcGIS:n rajoitteista johtuen aina kokonaislukurasteri. Tässä työssä aluerasteri uudelleenluokitellaan 8-bittiseksi kokonaislukurasteriksi, jolloin solut saavat arvoja välillä 0–255.

"Reclass by ASCII file" -työkalulla aluerasteri voidaan uudelleenluokitella käyttäen tekstimuotoista taulukkoa luokkarajojen hakemiseen. Excelissä luodaan taulukko, jossa käytetään kolmen ensimmäisen luokan ylärajoina prosenttipisteanalyysistä saatuja arvoja. Aluerasterin loppuosan pituudeksi saadaan maksimiarvon ja 90-prosenttipisteen erotuksena 11,1. Jakamalla tämä käytössä olevien luokkien lukumäärällä 253 saadaan yhden luokan pituudeksi 0,044. Taulukkoon lasketaan uusia arvoja vastaavien luokkien ylä- ja alarajat. Muodostunut taulukko on tarkasteltavissa liitteessä 2. Arvot ketjutetaan

samaan sarakkeeseen käyttäen erotinmerkkinä kaksoispistettä. Syntynyt sarakke tallennetaan tekstimuotoisena tiedostona (Liite 3).

4.4.5 Uudelleenluokittelu

Uudelleenluokittelu tehdään "Reclass by ASCII file" -työkalulla syöttäen "Input ASCII remap file" -kenttään Excelistä uloskirjoitettu tekstimuotoinen uudelleenluokittelutaulukko. Työkalu noutaa tekstitiedostosta luokkarajat ja luokittelee rasterin 8-bittiseksi kokonaislukurasteriksi. "Change missing values to NoData" -kenttä pidetään rastitettuna, sillä tällöin uudelleenluokiteltuun rasteriin kirjoitetaan solun arvoksi "NoData" alueilla, joita ei ole määritelty uudelleenluokittelutaulukossa (kuvio 17).



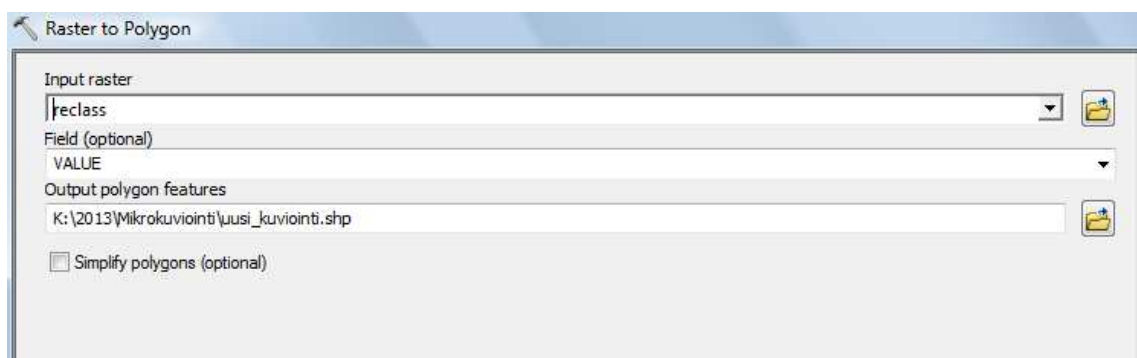
Kuvio 17. Aluerasterin uudelleenluokittelu "Reclass by ASCII File" -työkalulla

Uudelleenluokiteltua rasteria tarkastellaan visuaalisesti "NoData"-arvojen havaitsemiseksi. Rasterista ei löydy "NoData"-arvoja koko tutkimusalueelta, joten luokittelutaulukossa määritellyt luokkarajat ovat toimivia, eikä arvovälille ole jäänyt välialueita.

4.5 Uudelleenluokitellun rasterin vektorointi

Mikrokuvioverkko täytyy käyttöä varten kääntää vektorimuotoiseksi tiedostoksi, jossa mikrokuviot ovat aluemuotoisia objekteja. Tämä tehdään käyttämällä "Raster to polygon" -työkalua.

"Field"-kenttään valitaan alasvetovalikosta "VALUE", jolloin analyysin perustana käytetään uudelleenluokitellun aluerasterin arvoja (0–255). Uudelleenluokittelussa lyhyen laserpituuden kohteille on muodostunut suurempia kokonaisuuksia, jotka tässä analyysivaiheessa koostetaan samaan alueobjektiin. "Simplify polygons" -kenttä jätetään rastittamatta, jotta uudessa kuvioinnissa noudatetaan tarkasti uudelleenluokitellun aluerasterin kuviorajoja (kuvio 18).



Kuvio 18. Uudelleenluokitellun aluerasterin vektorointi "Raster to polygon" -työkalulla

5 TULOKSET

5.1 Mikrokuvioiden lukumäärä

Tutkimusalueen alkuperäisessä mikrokuviointissa oli kuvioita kaikkiaan 19172 kappaletta. Uudessa kuvioinnissa kuvioiden lukumäärä on pudonnut 16199 kappaleeseen, joten yhdistelyä on tapahtunut kaikkiaan 2973 kuviolla.

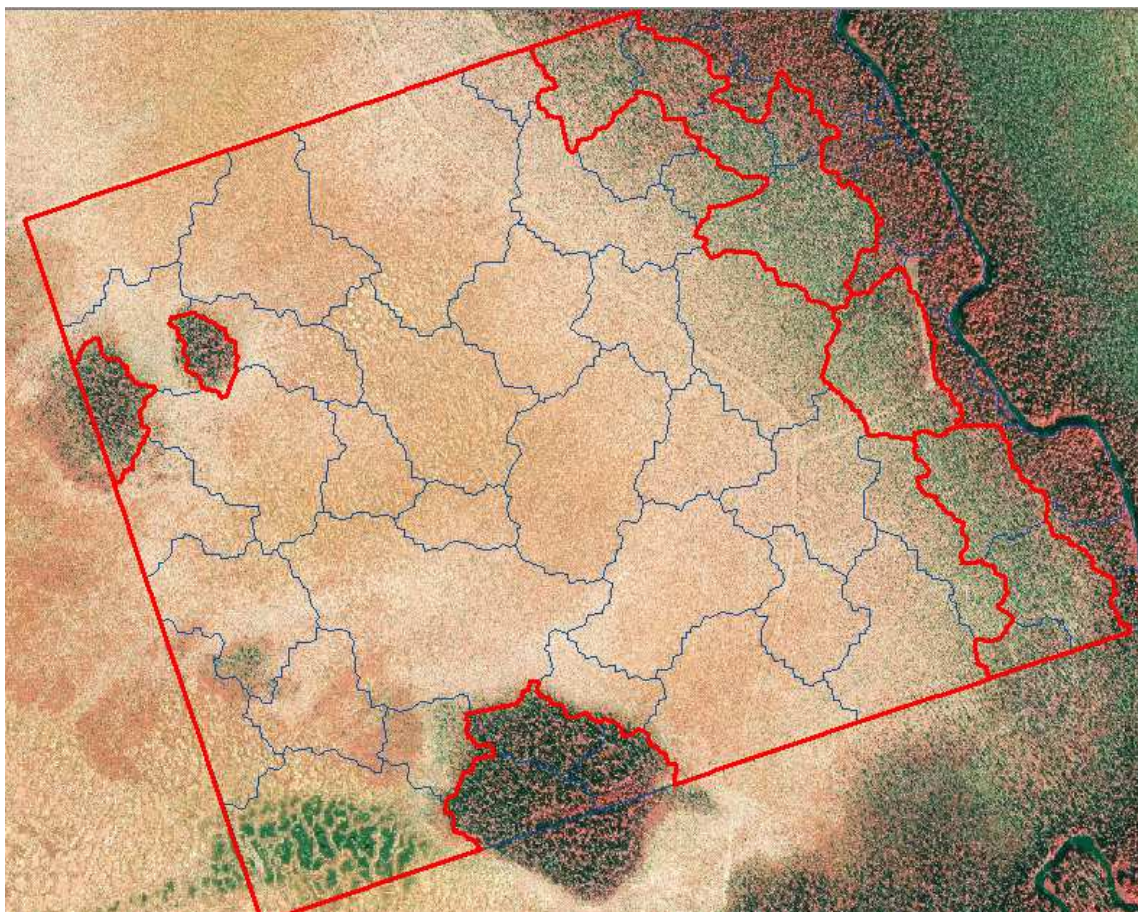
Luokittelutaulukon mukaisesti valtaosa mikrokuvioiden yhdistymisistä on tapahtunut alle 3,09 metrin laserpituuden omaavilla kuvioilla. Valitsemalla uudesta mikrokuvioverkosta kuviot, joiden laserpituus on alle 3,1 metriä (luokat 0–2), saadaan lukumääräksi 2484 kappaletta. Ylimääräistä kuvioiden yhdistymistä on tapahtunut siis 489 mikrokuviolla.

5.2 Uuden kuvioinnin visuaalinen tarkastelu

5.2.1 Joutomaan kohteet

Uuden mikrokuvioinnin onnistumista arvioidaan visuaalisen ilmakuvatulkinnan keinoin. Arviointia varten mikrokuvioinnin luokista 0–2 muodostetaan oma karttatasonsa, jota tarkastellaan ilmakuvaa vasten. Koko tutkimusalue käydään systemaattisesti läpi.

Joutomaan kohteilla uutta mikrokuviointia voidaan visuaalisen tarkastelun perusteella pitää onnistuneena (kuvio 19). Avosuot ovat poikkeuksetta yhdistyneet suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja vaihettumisvyöhykkeellä raja-
aus on alkuperäisen mikrokuvioinnin rajoitteet huomioiden onnistunut. Kaikki avosuot ovat luokituneet luokkaan 0 eli laserpituus näillä kohteilla on alle 1,82. Avosoiden sisällä sijaitsevat metsäsaarekkeet jäävät uudessakin mikrokuviointissa omiksi kuvioikseen, sillä poikkeuksetta laserpituus metsäsaarekkeissa on yli 1,82.

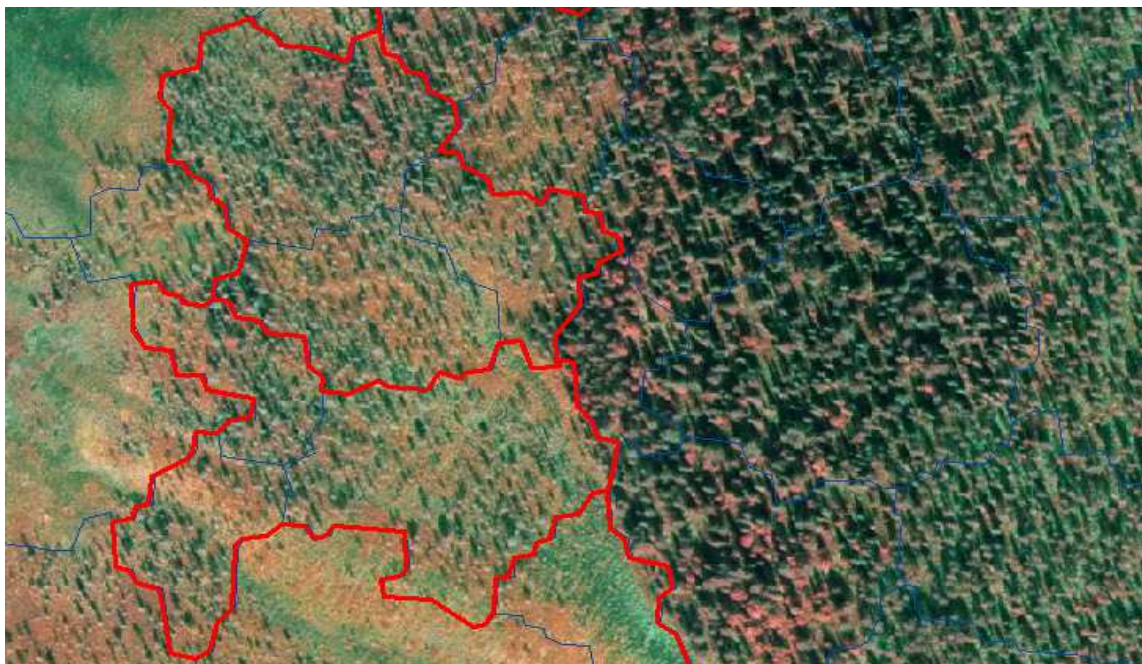


Kuvio 19. Onnistunutta kuviointia joutomaan avosuolla

5.2.2 Kitumaan kohteet

Kitumaiden osalta laadun arviointi on haastavaa, sillä visuaalisen ilmakuvatulkinnan avulla kaikkien kitumaiden kohteiden löytyminen ei ole taattua. Lisäksi tulkinta on riippuvainen tulkitsijasta, joten laadun arviointi ilmakuvien perusteella jää kitumaiden osalta vaillinaiseksi. Kitumaiden tarkastelun rajaan tässä työssä avosoiden vaihtumisvyöhykkeisiin.

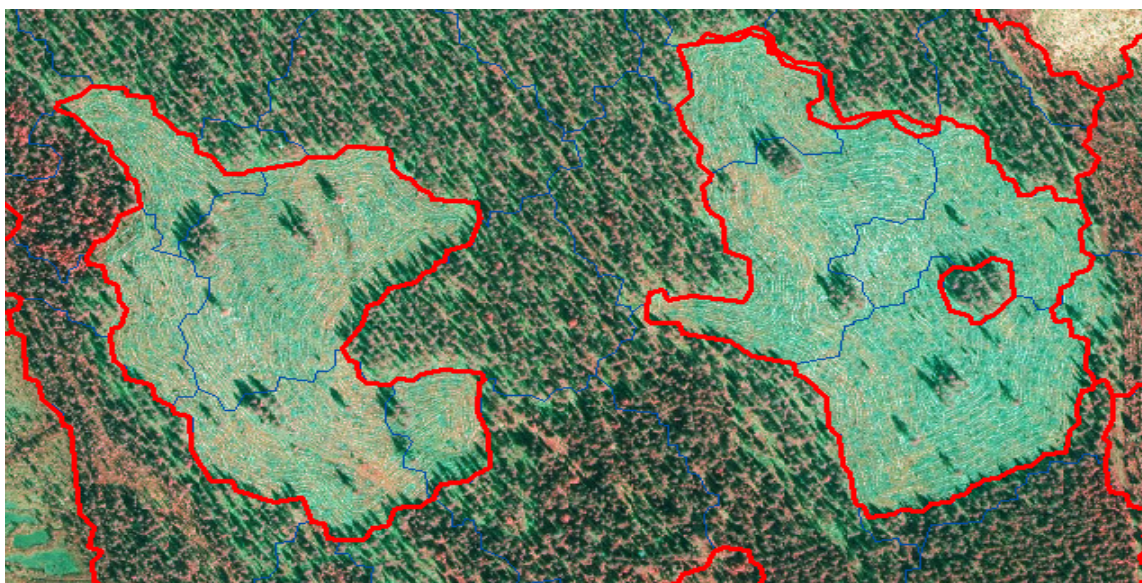
Avosoiden vaihtumisvyöhykkeillä mikrokuviot ovat luokittuneet luokkiin 1 ja 2. Laserpituus näillä kohteilla vaihtelee uudelleenluokittelutaulukon mukaisesti välillä 1,82–3,09. Kuviorajaus on ilmakuvatulkinnan perusteella onnistunut (kuvio 20), sillä avosoiden rajat ovat löytyneet aineiston perusteella kattavasti. Myös kuvioraja selkeästi puustoisille kohteille on määräytynyt onnistuneesti. Visuaalisen tarkastelun perusteella uusi kuviointi on avosoiden vaihtumisvyöhykkeellä kuitenkin edelleen pienipiirteistä.



Kuvio 20. Kuviointia avosuon vaihtumisvyöhykkeellä

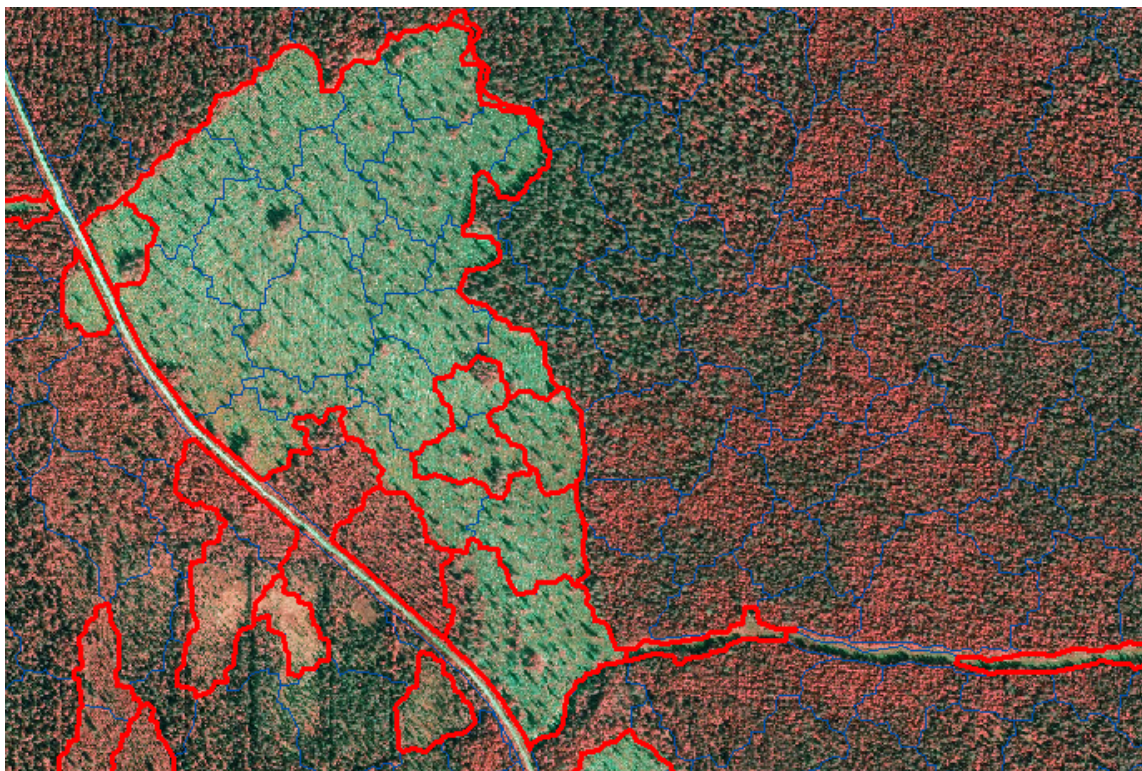
5.2.3 Taimikkokohteet

Taimikoiden osalta tarkastelu osoittaa, että puustoisten alueiden keskellä sijaitsevilla taimikkokohteilla uusi mikrokuviointi on onnistunut erittäin hyvin (kuvio 21). Kohteet ovat luokituneet luokkaan 1 laserpituuden vaihdellessa välillä 0–1,82. Kuvioraja on poikkeuksetta muodostunut onnistuneesti puustoisen alueen rajalle. Taimikoiden keskellä sijaitsevat säästöpuuryhmät ovat jääneet omiksi kuvioikseen, mikäli alkuperäinen segmentointi on tuottanut niistä oman mikrokuvionsa.



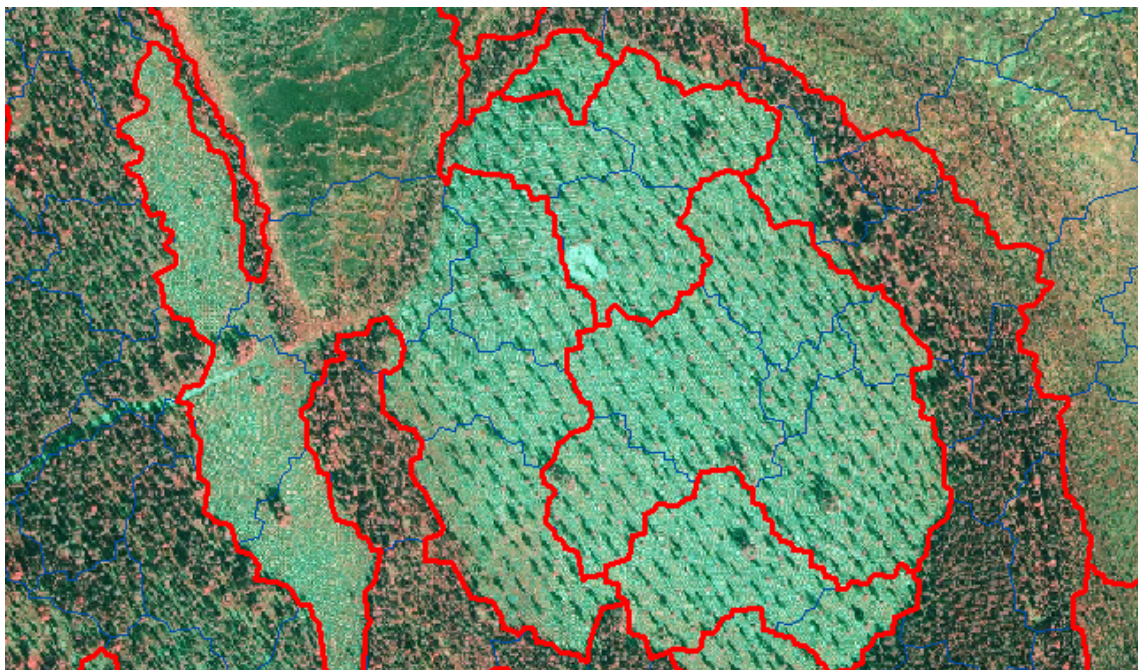
Kuvio 21. Onnistunutta kuviointia taimikkokohteella

Ylispuustoisissa taimikoissa laserpituuden vaihtelu on suurempaa kuin yksijaksoisissa taimikoissa. Tutkimusalueen ylispuustoisissa taimikoissa laserpituus jää kuitenkin alle arvon 3,09, joten uudelleenluokittelu tuottaa näillä kohteilla mikrokuvioiden yhdistymisiä. Kohteet eivät kuitenkaan kattavasti luokituyhteen luokkaan, vaan uudessakin mikrokuvioinnissa ylispuustoisen taimikkokuvion sisään jää useita mikrokuvioita (kuvio 22).



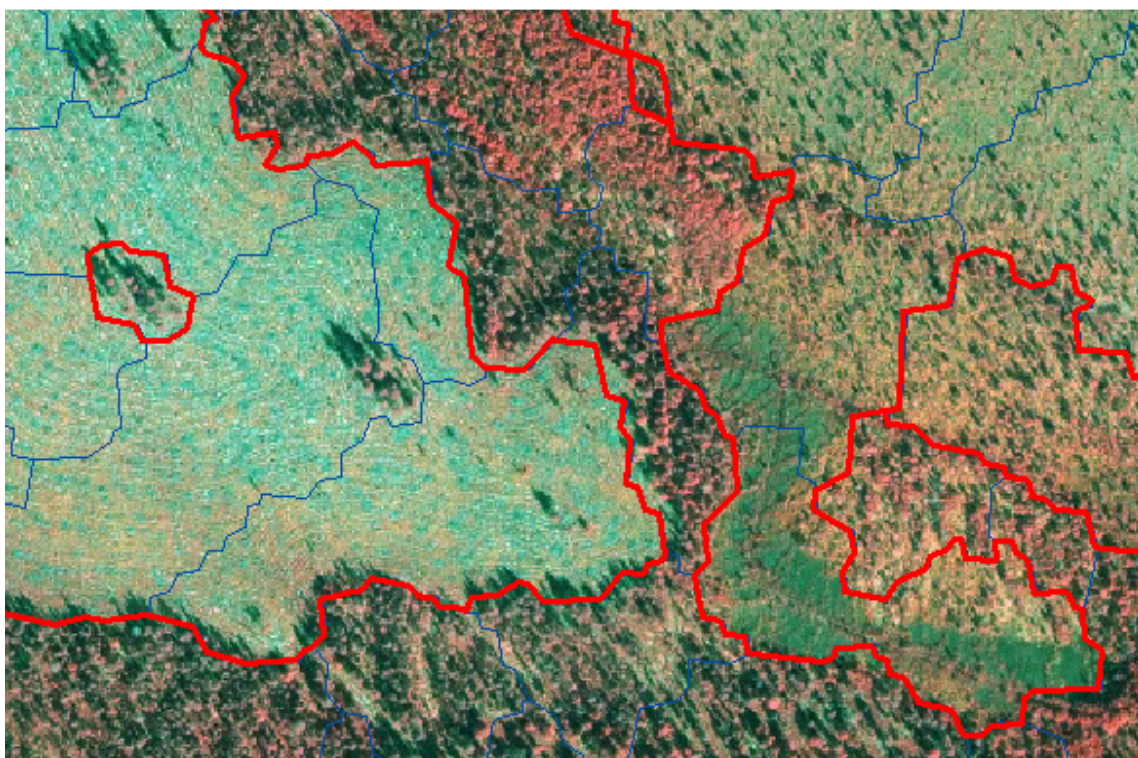
Kuvio 22. Kuviointia ylispuustoisen taimikon kohteella

Jouto- tai kitumaahan rajautuvilla taimikkokohteilla uusi mikrokuviointi on tuottanut osin epäkäytännöllistä kuviointia. Joutomaa ja taimikko ovat luokituneet samaan luokkaan (kuvio 23), mikäli alkuperäisessä mikrokuvioinnissa vaihtumisvyöhykkeelle ei ole muodostunut omaa kohteet erottavaa mikrokuvioita.



Kuvio 23. Epäkäytännöllistä kuviointia joutomaahan rajoittuvalla taimikkokohteella

Tutkimusalueella on myös joutomaahan rajautuvia taimikkokohteita joissa segmentointi on tuottanut vaihettumisvyöhykkeelle mikrokuvion. Näillä koh-teilla uutta kuviointia voidaan pitää onnistuneena, sillä vaihettumisvyöhyk-keen mikrokuvio on uudessakin luokittelussa säilynyt omana kuvionaan (Ku-vio 24).



Kuvio 24. Onnistunutta kuviointia joutomaahan rajoittuvalla taimikkokohteella

5.2.4 Mikrokuvioiden yhdistyminen puustoisilla kohteilla

Uudelleenluokittelussa on tapahtunut mikrokuvioiden yhdistymistä myös puustoisilla kohteilla (kuvio 25) kaikkiaan 489 kappaletta. Nämä yhdistymiset ovat tapahtuneet kohteilla, joissa vierekkäisten mikrokuvioiden laserpituuden erotus on ollut alle luokittelutaulukossa määritellyn luokkapituuden 0,044. Kaikki mikrokuvioiden yhdistymiset yli 3,1 laserpituuden mikrokuvioilla ovat turhia, mutta tässä työssä käytetyillä analyysimenetelmillä niitä ei voida kokonaan välttää.



Kuvio 25. Puustoisella kohteella tapahtunut kuvioiden yhdistyminen

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä esitellyllä menetelmällä mikrokuvioinnin yleistäminen paremmin operatiivista metsien käyttöä vastaavaksi on onnistunut hyvin joutomaan kuvioilla sekä puustoisten alueiden keskellä sijaitsevilla taimikkokuvioilla. Menetelmän rajoitteet tulevat kuitenkin ilmi tarkasteltaessa kitumaan kuvioita sekä ylispuustoisia taimikoita. Erityisen epäkäytännöllisiä tuloksia menetelmä tuottaa joutomaahan rajautuvilla taimikkokohteilla. Myös mikrokuvioiden yhdistyminen puustoisilla kohteilla on yksi menetelmän heikkous.

Menetelmää voisi kehittää huomattavasti toimivammaksi ottamalla mukaan useampia lasermuuttujia. Käyttämällä lasertiheyttä yhtenä muuttujana saataisiin joutomaan ja taimikon rajat todennäköisesti esille, sillä lasertiheys kuvas-
taa laserpituutta paremmin kyseisten kohteiden piirteitä. Taimikkokuvioilla laserpulssista heijastuu suuri osa taimikon latvustosta, kun joutomaalla valta-
osa laserpulssista heijastuu suoraan avosuon pinnasta. Lasertiheys voisi olla toimiva muuttuja myös ylispuustoisissa taimikoissa.

Mikrokuvioiden yhdistymistä puustoisilla kohteilla voitaisiin vähentää käyttä-
mällä lyhyempää luokitteluväliä. Tämä tarkoittaa, että uudelleenluokittelussa
täytyisi tuottaa rasteri, jossa olisi enemmän luokkia. 16-bittisessä kokonaislu-
kurasterissa luokkien määrä olisi jo 65 532 kappaletta. Alkuperäinen alueras-
teri on 32-bittinen liukulukurasteri, joten sataprosenttisesti ylimääräisiltä mik-
rokuvioiden yhdistymiseltä voitaisiin välttyä ainoastaan käyttämällä uudel-
leenluokittelussa 32-bittistä rasteria.

Analyysi olisi mielenkiintoista ajaa koko Kittilän laserkeilaushankkeen alueel-
le, mutta käytössäni olevilla resursseilla se ei ole mahdollista. Yksi mahdolli-
nen mielenkiintoinen lähestymistapa ja jatkotutkimuksen aihe olisi käyttää
analyysin lähtökohtana mikrokuvioverkkoa, jossa yhtenä ominaisuustietuee-
na olisi puustohilalta laskettu laserpituus. Rasteroimalla mikrokuvioverkko
laserpituuden perusteella ja luokittelemalla syntynyt rasteri uudelleen käyttä-
en tässä työssä esiteltyä uudelleenluokittelutaulukkoa voitaisiin huomattavas-
ti keveämmillä analyysimenetelmillä tuottaa yleistetty mikrokuviointi koko kei-
laushankkeen kattamalle alueelle.

Toteutuslupien valintaa tässä työssä voidaan pitää onnistuneena, sillä ArcGIS osoittautui työn edetessä hyväksi työkaluksi laserkeilauksella tuotettujen paikkatietoaineistojen analysointiin. Ohjelmiston tarjoamat paikkatietanalyysit mahdollistivat tutkimussuunnitelmassa hahmotellun menetelmän toteuttamisen helposti ja yksinkertaisesti. On huomioitavaa, että ainoastaan murto-osaa ArcGIS-ohjelmiston ominaisuuksista käytettiin tässä työssä, joten myös monimutkaisemmat ja pidemmälle viedyt laserkeilausaineistojen paikkatietanalyysit on mahdollista toteuttaa käyttäen ArcGIS-ohjelmistoa. Ohjelmiston uusimmassa versiossa on jopa laserkeilauksen raakadatan käsittelyyn soveltuvia työkaluja.

LÄHTEET

- Ahokas, E. – Kaartinen, H. – Hyyppä, J. 2002. A Quality Assessment of Airborne Laser Scanner Data. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences vol. 34, 3–9. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing.
- ArcGIS 9.2 Desktop Help 2008. What Is Raster Data? Osoitteessa http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=What_is_raster_data%3F. 22.10.2008.
- Csanyi, N. – Toth, K. 2007. Improvement of Lidar Data Accuracy Using Lidar-Specific Ground Targets. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing vol. 73, 385–396. The American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
- Holopainen, M. – Hyyppä, J. – Vastaranta, M. – Hyyppä, H. 2011. Laserkeilaus metsävarojen hallinnassa. The Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 22, No. 3, 2011, 128–149. The Finnish Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Aalto University School of Engineering.
- Hyyppä, J. – Hyyppä, H. – Yu, X. – Kaartinen, H. – Kukko, A. – Holopainen, M. 2009. Forest Inventory Using Small-footprint Airborne LiDAR. – Teoksessa Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing (toim. J. Shan ja C. Toth), 335–370. Boca Raton: CRC Press.
- Hyyppä, J. – Inkinen, M. 1999. Detecting and Estimating Attributes for Single Trees Using Laser Scanner. Photogrammetric Journal of Finland 16, 27–42. The Finnish Society of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Maltamo, M. – Packalén, P. – Uutera, J. – Ärölä, E. – Heikkilä, J. 2008. Laserkeilaustulkinnan hyödyntäminen metsäsuunnittelun tietolähteenä. Metsätieteen aikakauskirja 4/2008, 304–309. Metsäntutkimuslaitos.
- MMM:n yhteistutkimushankkeen loppuraportti (2615/311/2009) 2012. Laser- ja ilmakuvaperusteinen taimikoiden inventointi (taimikkolaser). Osoitteessa http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/pdf/Taimikkolaser_MMM_tutkimus_loppuraportti_18012012.pdf. 18.1.2012.
- Packalén, P. – Maltamo, M. 2007. The k-MSN Method for the Prediction of Species-specific Stand Attributes Using Airborne Laser Scanning and Aerial Photographs. Remote Sensing of Environment 109 Issue. 3, 328–341.

- Paikkaoppi.fi Paikkatiedon avoin oppimisympäristö 2013. Millaista paikkatietoa tuotetaan? Osoitteessa http://www.vesseli.fi/paikkaoppi/abc_3.htm. 12.4.2013.
- Ratilainen, A. 2013. TerraTec Oy:n tuotepäällikön puhelinhaastattelu 9.1.2013.
- Suvanto, A. – Maltamo, M. – Packalén, P. – Kangas, J. 2005. Kuviokohtaisten puustotunnusten ennustaminen laserkeilauksella. Metsätieteen aikakauskirja 4/2005, 413–428. Metsäntutkimuslaitos.
- Uuttera, J. – Anttila, P. – Suvanto, A. – Maltamo, M. 2006. Yksityismetsien metsävaratiedon keruuseen soveltuvilla kaukokartoitusmenetelmillä estimoitujen puustotunnusten luotettavuus. Metsätieteen aikakauskirja 4/2006, 507–519. Metsäntutkimuslaitos.
- Vilhomaa, J. 2010. Uuden valtakunnallisen laserkeilaukseen perustuvan korkeusmallituotannon käynnistäminen Maanmittauslaitoksessa. Maanmittaus 85:2, 28–37. Maanmittaustieteiden seura.
- Wehr, A. – Lohr, U. 1999. Airborne Laser Scanning – an Introduction and Overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing vol. 54, 62–82. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing.

LIITTEET

Liite 1. Uusien luokkarajojen määrittämisessä käytetyt laserpituuden arvot ja lasketut prosenttipisteet

Liite 2. Ote uusien luokkarajojen laskemiseen käytetystä laskentataulusta

Liite 3. Ote uudelleenluokittelussa käytetystä ASCII-tiedostosta

Liite 4. Työohje

Uusien luokkarajojen määrittämisessä käytetyt laserpituuden arvot
ja lasketut prosenttipisteet

LIITE 1

	Kitu- ja jouto- maan kuviot			
FID	COUNT	MIN	MAX	vaihteluväli
0	86750	0,72810300	4,29616000	3,56805700
1	50759	0,11243600	0,94779200	0,83535600
2	793457	0,04189640	2,21750000	2,17560360
3	410485	0,07781190	1,85220000	1,77438810
4	242768	0,03107810	2,08094000	2,04986190
5	558901	0,03503560	0,99176800	0,95673240
6	474628	0,03634590	1,70765000	1,67130410
7	305409	0,05847740	1,65478000	1,59630260
8	28484	0,67259600	1,44159000	0,76899400
9	145802	0,09169920	1,82730000	1,73560080
10	119734	0,10906500	3,22566000	3,11659500
11	79560	0,11527600	1,03733000	0,92205400
12	306686	0,04159340	1,57825000	1,53665660
13	89982	0,08146070	0,80486400	0,72340330
14	65395	0,05126400	1,31216000	1,26089600
15	64627	0,15546600	0,71546800	0,56000200
16	74166	0,54007400	2,87851000	2,33843600
17	93031	0,73074000	3,55269000	2,82195000
18	137737	0,13751400	1,74978000	1,61226600
19	361535	0,07564640	0,85894600	0,78329960
20	124813	0,08963400	1,40867000	1,31903600
21	146208	0,12445500	2,44392000	2,31946500

	Taimikkokuviot			
FID	COUNT	MIN	MAX	vaihteluväli
0	31159	0,22582400	2,30189000	2,07606600
1	27454	0,18310800	0,76778800	0,58468000
2	80594	0,13895100	1,54935000	1,41039900
3	27654	0,50391100	1,06462000	0,56070900
4	121153	1,56847000	3,45996000	1,89149000

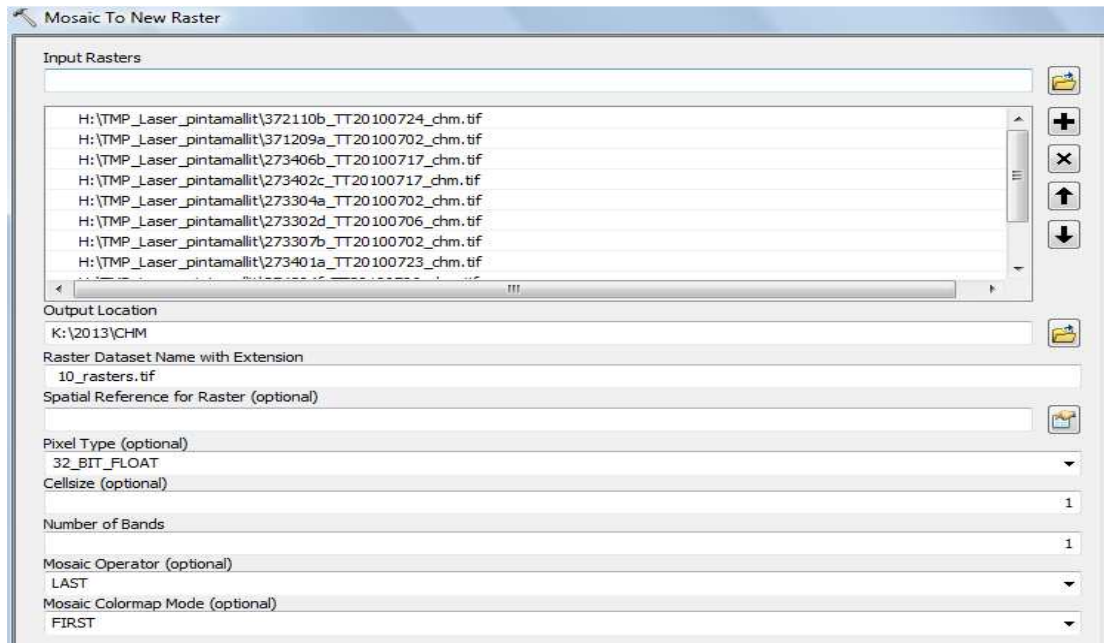
	Prosenttipisteet			
prosentti	Kitu- ja joutomaat	Taimikot	Keskiarvo	
60	1,796	1,85036600	1,82332900	
75	2,183	2,30189000	2,24262500	
90	3,191	2,99673200	3,09383850	
100	4,296	3,45996000	3,87806000	

MIN	MAX	arvo
0,000	1,823	0
1,823	2,243	1
2,243	3,094	2
3,094	3,138	3
3,138	3,182	4
3,182	3,226	5
3,226	3,270	6
3,270	3,314	7
3,314	3,358	8
3,358	3,402	9
3,402	3,446	10
3,446	3,490	11
3,490	3,534	12
3,534	3,578	13
3,578	3,622	14
3,622	3,666	15
3,666	3,710	16
3,710	3,754	17
.	.	.
.	.	.
.	.	.
13,962	14,006	250
14,006	14,050	251
14,050	14,094	252
14,094	14,138	253
14,138	14,182	254
14,182	14,226	255


```
0 1,823329 : 0
1,823329 2,242625 : 1
2,242625 3,0938385 : 2
3,0938385 3,1378385 : 3
3,1378385 3,1818385 : 4
3,1818385 3,2258385 : 5
3,2258385 3,2698385 : 6
3,2698385 3,3138385 : 7
3,3138385 3,3578385 : 8
3,3578385 3,4018385 : 9
3,4018385 3,4458385 : 10
3,4458385 3,4898385 : 11
3,4898385 3,5338385 : 12
3,5338385 3,5778385 : 13
3,5778385 3,6218385 : 14
3,6218385 3,6658385 : 15
3,6658385 3,7098385 : 16
3,7098385 3,7538385 : 17|
3,7538385 3,7978385 : 18
3,7978385 3,8418385 : 19
3,8418385 3,8858385 : 20
3,8858385 3,9298385 : 21
3,9298385 3,9738385 : 22
3,9738385 4,0178385 : 23
.....
.....
.....

13,7858385 13,8298385 : 246
13,8298385 13,8738385 : 247
13,8738385 13,9178385 : 248
13,9178385 13,9618385 : 249
13,9618385 14,0058385 : 250
14,0058385 14,0498385 : 251
14,0498385 14,0938385 : 252
14,0938385 14,1378385 : 253
14,1378385 14,1818385 : 254
14,1818385 14,2258385 : 255
```

CHM-ruutujen yhdistäminen

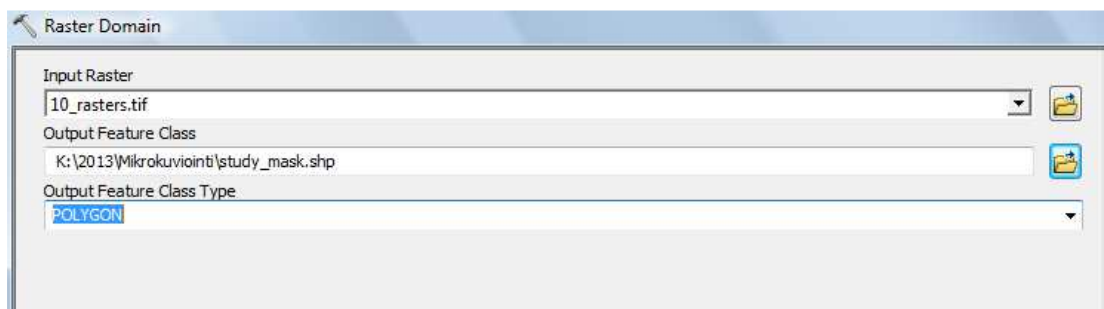


ArcToolbox→Data management tools→Raster→Raster dataset→Mosaic to new raster

Input Rasters: Syötä yhdistettävät CHM-ruudut.

Parametrit kuten kuvassa, tärkeää antaa "Pixel type" –kenttään alkuperäisen aineiston solutyypin.

Maskin luominen CHM-ruuduista

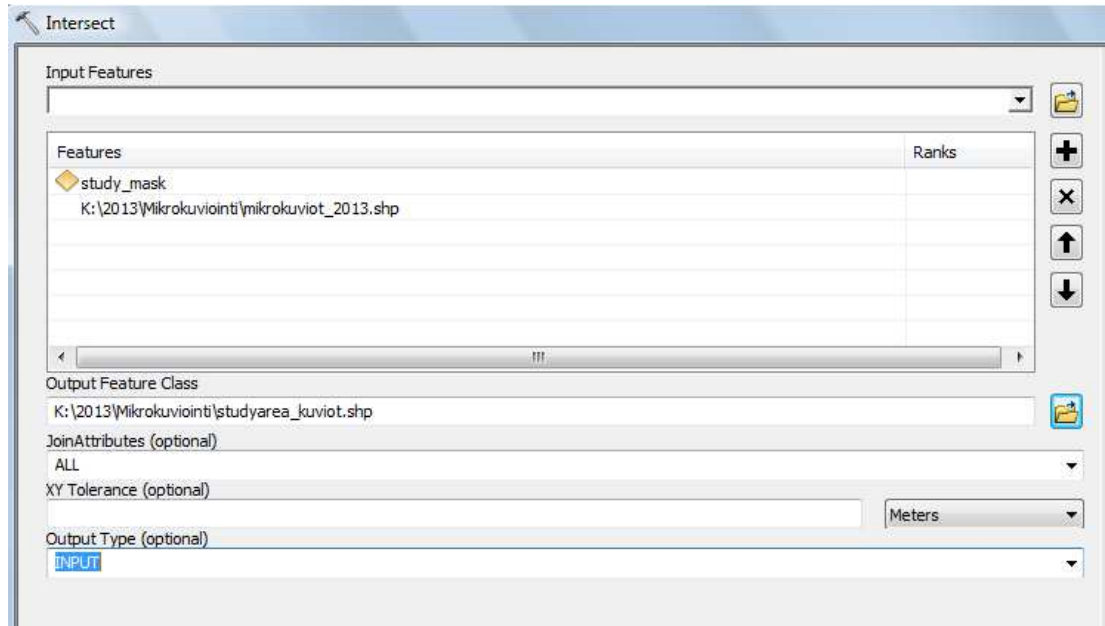


ArcToolbox→3D analyst tools→Conversion→From raster→Raster domain

Input raster: Syötteenä edellä luotu mosaikointi.

Parametrit kuten kuvassa.

Mikrokuvioaineiston leikkaaminen

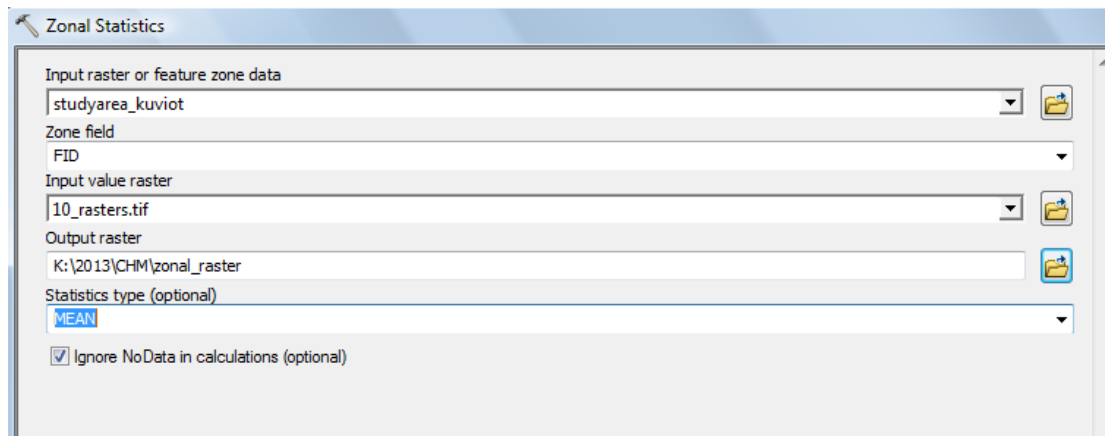


ArcToolbox→Analysis tools→Overlay→Intersect

Input features: Syötä luotu maski ja koko keilausalueen mikrokuviointi.

Parametrit kuten kuvassa, "Output type" –kenttään "INPUT", jotta geometria-tieto säilyy aluemuotoisena.

Aluerasterin luominen



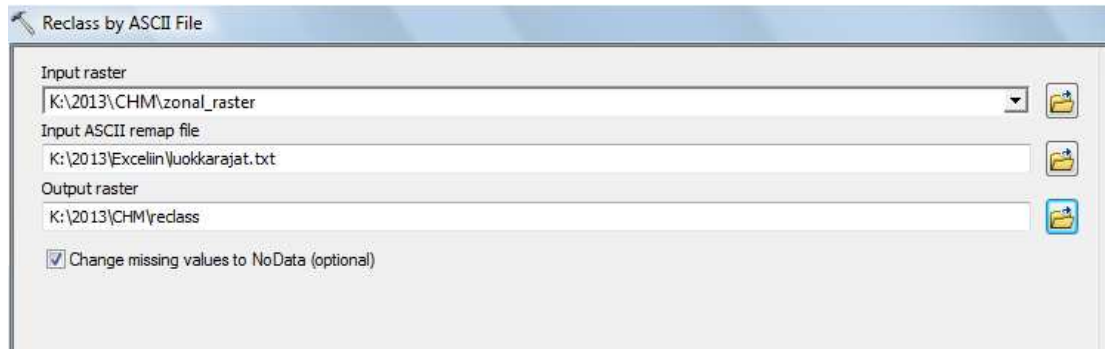
ArcToolbox→Spatial analyst tools→Zonal→Zonal statistics

Input rasters or feature zone data: Leikattu mikrokuvioverkko.

Input value raster: Yhdistetyt CHM-ruudut.

Parametrit kuten kuvassa.

Aluerasterin uudelleenluokittelu



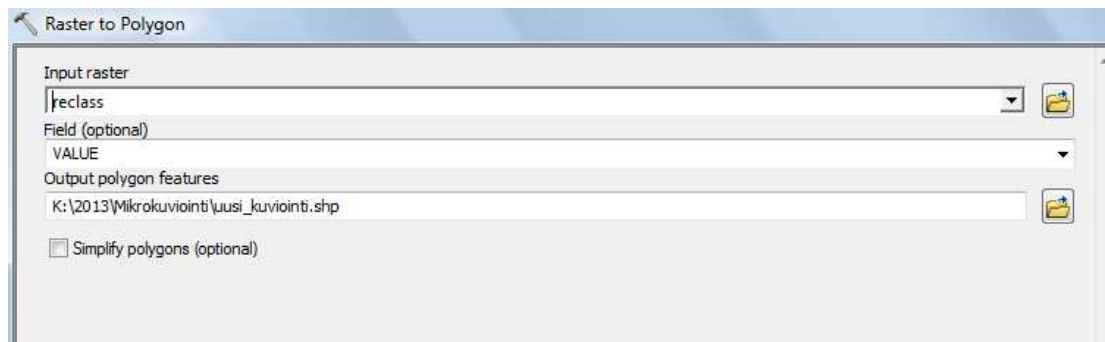
ArcToolbox→Spatial analyst tools→Reclass→Reclass by ASCII file

Input raster: Luotu aluerasteri.

Input ASCII remap file: Tässä työssä esitelty uudet luokkarajat sisältävä tekstitiedosto.

Parametrit kuten kuvassa.

Uudelleenluokitellun aluerasterin vektorointi



ArcToolbox→Conversion tools→From raster→Raster to polygon

Input raster: Uudelleenluokiteltu aluerasteri.

Parametrit kuten kuvassa.